

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2 0 0 4 年 6 月 3 日

出 願 番 号
Application Number: 特 願 2 0 0 4 - 1 6 5 3 6 1

パリ条約による外国への出願
に用いる優先権の主張の基礎
となる出願の国コードと出願
番号

The country code and number
of your priority application,
to be used for filing abroad
under the Paris Convention, is

J P 2 0 0 4 - 1 6 5 3 6 1

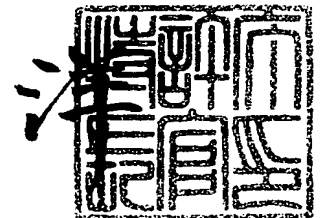
出 願 人
Applicant(s): 松下電器産業株式会社

BEST AVAILABLE COPY

2 0 0 5 年 6 月 2 2 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小 川



【官 報 名】	特 許 願
【整理番号】	2926460015
【提出日】	平成16年 6月 3日
【あて先】	特許庁長官殿
【国際特許分類】	H01L 21/88
【発明者】	
【住所又は居所】	大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内
【氏名】	中川 秀夫
【発明者】	
【住所又は居所】	大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内
【氏名】	池田 敦
【発明者】	
【住所又は居所】	大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内
【氏名】	青井 信雄
【特許出願人】	
【識別番号】	000005821
【氏名又は名称】	松下電器産業株式会社
【代理人】	
【識別番号】	100077931
【弁理士】	
【氏名又は名称】	前田 弘
【選任した代理人】	
【識別番号】	100094134
【弁理士】	
【氏名又は名称】	小山 廣毅
【選任した代理人】	
【識別番号】	100110939
【弁理士】	
【氏名又は名称】	竹内 宏
【選任した代理人】	
【識別番号】	100110940
【弁理士】	
【氏名又は名称】	嶋田 高久
【選任した代理人】	
【識別番号】	100113262
【弁理士】	
【氏名又は名称】	竹内 祐二
【選任した代理人】	
【識別番号】	100115059
【弁理士】	
【氏名又は名称】	今江 克実
【選任した代理人】	
【識別番号】	100115691
【弁理士】	
【氏名又は名称】	藤田 篤史
【選任した代理人】	
【識別番号】	100117581
【弁理士】	
【氏名又は名称】	二宮 克也

【選任した代理人】

【識別番号】 100117710

【弁理士】

【氏名又は名称】 原田 智雄

【選任した代理人】

【識別番号】 100121728

【弁理士】

【氏名又は名称】 井関 勝守

【電話番号】 06-6125-2255

【連絡先】 担当

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014409

【納付金額】 16,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 特許請求の範囲 1

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0217869

【請求項 1】

基板上に形成された絶縁膜と、前記絶縁膜中に形成された埋め込み金属配線と、前記絶縁膜と前記金属配線との間に形成されたバリアメタル膜とを有する半導体装置において、前記バリアメタル膜は、金属化合物膜であり、前記金属化合物膜は、前記絶縁膜を構成する元素のうち少なくとも１つを含んでいることを特徴とする半導体装置。

【請求項 2】

基板上に形成された絶縁膜と、前記絶縁膜中に形成された埋め込み金属配線と、前記絶縁膜と前記金属配線との間に形成されたバリアメタル膜とを有する半導体装置において、前記バリアメタル膜は、前記絶縁膜と接するように形成された金属化合物膜、及び前記金属化合物膜の上に形成された１層以上の金属を含む膜よりなり、前記金属化合物膜は、前記絶縁膜を構成する元素のうち少なくとも１つを含んでいることを特徴とする半導体装置。

【請求項 3】

前記１層以上の金属を含む膜は、金属膜、金属化合物膜、又は前記金属膜及び前記金属化合物膜のうちから選ばれた膜を組み合わせてなる多層膜よりなることを特徴とする請求項 2 に記載の半導体装置。

【請求項 4】

前記金属化合物膜は、金属窒化膜であり、前記絶縁膜は、窒素を含んでいることを特徴する請求項 1 ～ 3 のうちいずれか１項に記載の半導体装置。

【請求項 5】

前記金属化合物膜は、金属酸化膜であり、前記絶縁膜は、酸素を含んでいることを特徴する請求項 1 ～ 3 のうちいずれか１項に記載の半導体装置。

【請求項 6】

前記金属化合物膜は、金属炭化膜であり、前記絶縁膜は、炭素を含んでいることを特徴する請求項 1 ～ 3 のうちいずれか１項に記載の半導体装置。

【請求項 7】

前記金属化合物膜は、金属ケイ化膜であり、前記絶縁膜は、ケイ素を含んでいることを特徴する請求項 1 ～ 3 のうちいずれか１項に記載の半導体装置。

【請求項 8】

前記金属化合物膜を構成する金属は、高融点金属であることを特徴とする請求項 1 ～ 7 のうちいずれか１項に記載の半導体装置。

【請求項 9】

前記金属配線は、銅又は銅合金よりなることを特徴とする請求項 1 ～ 3 のうちいずれか１項に記載の半導体装置。

【請求項 10】

基板上に形成された絶縁膜と、前記絶縁膜中に形成された埋め込み金属配線と、前記絶縁膜と前記金属配線との間に形成されたバリアメタル膜とを有する半導体装置において、前記バリアメタル膜は、前記絶縁膜と接するように形成された金属ケイ化膜又は金属炭化膜からなる金属化合物膜よりなり、前記絶縁膜は、IV族元素を含んでいることを特徴とする半導体装置。

【請求項 11】

基板上に形成された絶縁膜と、前記絶縁膜中に形成された埋め込み金属配線と、前記絶縁膜と前記金属配線との間に形成されたバリアメタル膜とを有する半導体装置において、前記バリアメタル膜は、前記絶縁膜と接するように形成された金属ケイ化膜又は金属炭

に膜よりなる金属化合物膜、及び前記金属化合物膜の上に形成された１層以上の金属を含む膜よりなり、

前記絶縁膜は、IV族元素を含んでいることを特徴とする半導体装置。

【請求項 12】

前記１層以上の金属を含む膜は、金属膜、金属化合物膜、又は前記金属膜及び前記金属化合物膜のうちから選ばれた膜を組み合わせてなる多層膜よりなることを特徴とする請求項 11 に記載の半導体装置。

【請求項 13】

前記金属化合物膜を構成する金属は、高融点金属であることを特徴とする請求項 10 ～ 12 のうちいずれか１項に記載の半導体装置。

【請求項 14】

前記金属配線は、銅又は銅合金よりなることを特徴とする請求項 10 ～ 12 のうちいずれか１項に記載の半導体装置。

【請求項 15】

基板上に形成された第１の絶縁膜と、前記第１の絶縁膜中に形成された埋め込み金属配線と、前記第１の絶縁膜と前記金属配線との間に形成されたバリアメタル膜とを有する半導体装置において、

前記第１の絶縁膜と前記バリアメタル膜との間には、第２の絶縁膜が形成されており、

前記バリアメタル膜は、金属化合物膜であり、

前記金属化合物膜は、前記第２の絶縁膜を構成する金属のうち少なくとも１つを含んでいることを特徴とする半導体装置。

【請求項 16】

前記金属化合物膜と前記金属配線との間には、１層以上の金属を含む膜が形成されていることを特徴とする請求項 15 に記載の半導体装置。

【請求項 17】

前記１層以上の金属を含む膜は、金属膜、金属化合物膜、又は前記金属膜及び前記金属化合物膜のうちから選ばれた膜を組み合わせてなる多層膜よりなることを特徴とする請求項 15 に記載の半導体装置。

【請求項 18】

前記金属化合物膜は、金属窒化膜であり、

前記第２の絶縁膜は、窒素を含んでいることを特徴する請求項 15 ～ 17 のうちいずれか１項に記載の半導体装置。

【請求項 19】

前記金属化合物膜は、金属酸化膜であり、

前記第２の絶縁膜は、酸素を含んでいることを特徴する請求項 15 ～ 17 のうちいずれか１項に記載の半導体装置。

【請求項 20】

前記金属化合物膜は、金属炭化膜であり、

前記第２の絶縁膜は、炭素を含んでいることを特徴する請求項 15 ～ 17 のうちいずれか１項に記載の半導体装置。

【請求項 21】

前記金属化合物膜は、金属ケイ化膜であり、

前記第２の絶縁膜は、ケイ素を含んでいることを特徴する請求項 15 ～ 17 のうちいずれか１項に記載の半導体装置。

【請求項 22】

前記金属化合物膜を構成する金属は、高融点金属であることを特徴とする請求項 15 ～ 21 のうちいずれか１項に記載の半導体装置。

【請求項 23】

前記金属配線は、銅又は銅合金よりなることを特徴とする請求項 15 ～ 17 のうちいずれか１項に記載の半導体装置。

【請求項 2 4】

基板上に形成された第 1 の絶縁膜と、前記第 1 の絶縁膜中に形成された埋め込み金属配線と、前記第 1 の絶縁膜と前記金属配線との間に形成されたバリアメタル膜とを有する半導体装置において、

前記第 1 の絶縁膜と前記バリアメタル膜との間には、第 2 の絶縁膜が形成されており、
前記バリアメタル膜は、金属ケイ化膜又は金属炭化膜よりなる金属化合物膜であり、
前記第 2 の絶縁膜は、IV 族元素を含んでいることを特徴とする半導体装置。

【請求項 2 5】

前記金属化合物膜と前記金属配線との間には、1 層以上の金属を含む膜がさらに形成されていることを特徴とする請求項 2 4 に記載の半導体装置。

【請求項 2 6】

前記金属化合物膜を構成する金属は、高融点金属であることを特徴とする請求項 2 4 又は 2 5 に記載の半導体装置。

【請求項 2 7】

前記金属配線は、銅又は銅合金よりなることを特徴とする請求項 2 4 又は 2 5 に記載の半導体装置。

【請求項 2 8】

基板上の絶縁膜に凹部を形成する工程と、

少なくとも前記凹部の壁面に沿うように、前記絶縁膜を構成する元素のうち少なくとも 1 つを含む金属化合物膜よりなるバリアメタル膜を形成する工程と、

前記凹部を埋め込むように、前記バリアメタル膜の上に埋め込み金属配線を形成する工程とを備えることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 2 9】

基板上の第 1 の絶縁膜に凹部を形成する工程と、

少なくとも前記凹部の壁面に沿うように、第 2 の絶縁膜を形成する工程と、

前記第 2 の絶縁膜の上に、前記第 2 の絶縁膜を構成する元素のうち少なくとも 1 つを含む金属化合物膜を形成する工程と、

前記凹部を埋め込むように、前記金属化合物膜の上に埋め込み金属配線を形成する工程とを備えることを特徴とする請求項 2 8 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 3 0】

前記バリアメタル膜を形成する工程は、

前記金属化合物膜を形成した後に、前記金属化合物膜の上に 1 層以上の金属を含む膜をさらに形成して、前記金属化合物及び前記 1 層以上の金属を含む膜よりなる前記バリアメタル膜を形成する工程を含むことを特徴とする請求項 2 8 又は 2 9 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 3 1】

前記 1 層以上の金属を含む膜は、金属膜、金属化合物膜、又は前記金属膜及び前記金属化合物膜のうちから選ばれた膜を組み合わせてなる多層膜よりなることを特徴とする請求項 3 0 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 3 2】

前記金属化合物膜は、金属窒化膜であり、

前記金属化合物膜に隣接して形成されている前記絶縁膜は、窒素を含んでいることを特徴する請求項 2 8 ～ 3 1 のうちいずれか 1 項に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 3 3】

前記金属化合物膜は、金属酸化膜であり、

前記金属化合物膜に隣接して形成されている前記絶縁膜は、酸素を含んでいることを特徴する請求項 2 8 ～ 3 1 のうちいずれか 1 項に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 3 4】

前記金属化合物膜は、金属炭化膜であり、

前記金属化合物膜に隣接して形成されている前記絶縁膜は、炭素を含んでいることを特

【請求項 35】

前記金属化合物膜は、金属ケイ化膜であり、

前記金属化合物膜に隣接して形成されている前記絶縁膜は、ケイ素を含んでいることを特徴する請求項 28 ～ 31 のうちのいずれか 1 項に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 36】

前記金属化合物膜を構成する金属は、高融点金属であることを特徴とする請求項 28 ～ 35 のうちのいずれか 1 項に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 37】

前記金属配線は、銅又は銅合金よりなることを特徴とする請求項 28 ～ 31 のうちのいずれか 1 項に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 38】

基板上の IV 族元素を含む絶縁膜に凹部を形成する工程と、

少なくとも前記凹部の壁面に沿うように、金属ケイ化膜又は金属炭化膜からなる金属化合物膜よりなるバリアメタル膜を形成する工程と、

前記凹部を埋め込むように、前記バリアメタル膜の上に埋め込み金属配線を形成する工程とを備えることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 39】

基板上の第 1 の絶縁膜に凹部を形成する工程と、

少なくとも前記凹部の壁面に沿うように、IV 族元素を含む第 2 の絶縁膜を形成する工程と、

前記第 2 の絶縁膜の上に、金属ケイ化膜又は金属炭化膜からなる金属化合物膜よりなるバリアメタル膜を形成する工程と、

前記凹部を埋め込むように、前記バリアメタル膜の上に埋め込み金属配線を形成する工程とを備えることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 40】

前記バリアメタル膜を形成する工程は、

前記金属化合物膜を形成した後に、前記金属化合物膜の上に 1 層以上の金属を含む膜を形成して、前記金属化合物膜及び前記 1 層以上の金属を含む膜よりなる前記バリアメタル膜を形成する工程を含むことを特徴とする請求項 38 又は 39 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 41】

前記金属化合物膜を構成する金属は、高融点金属であることを特徴とする請求項 38 ～ 40 のうちのいずれか 1 項に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 42】

前記金属配線は、銅又は銅合金よりなることを特徴とする請求項 38 ～ 40 のうちのいずれか 1 項に記載の半導体装置の製造方法。

【発明の名称】 半導体装置及びその製造方法

【技術分野】

【０００１】

本発明は、金属配線を有する半導体装置及びその製造方法に関し、特にバリアメタル膜及びその形成方法に関する。

【背景技術】

【０００２】

近年、半導体集積回路装置（以下、半導体装置という。）の加工寸法の微細化に伴って、半導体装置の多層配線には、銅配線と誘電率が小さい絶縁膜、いわゆるＬｏｗ－ｋ膜との組み合わせが採用されている。こうすることにより、ＲＣ遅延及び消費電力の低減を可能にする。さらに、半導体装置の高集積化、高機能化及び高速化を図るために、誘電率がより低いＬｏｗ－ｋ膜の採用が検討されている。

【０００３】

ところで、銅配線は、通常ダマシン法によって形成される。ダマシン法には、配線及びビアプラグを交互に形成するシングルダマシン法と、配線及びビアプラグを同時に形成するデュアルダマシン法とがある。

【０００４】

以下に、ダマシン法による多層配線の形成方法について、図１１（ａ）及び（ｂ）を参照しながら説明する。

【０００５】

図１１（ａ）に示すように、シリコン基板１０１上に第１の絶縁膜１０２を形成した後、該第１の絶縁膜１０２中に第１のバリアメタル膜１０３を有する下層の銅配線である第１の配線１０４を形成する。なお、シリコン基板１０１上には、図示していないトランジスタなどが形成されている。続いて、第１の絶縁膜１０２及び第１の配線１０４の上に、銅の拡散を防止する拡散防止膜１０５及び第２の絶縁膜１０６を順に形成し、拡散防止膜１０５及び第２の絶縁膜１０６よりなる絶縁層を形成する。

【０００６】

次に、拡散防止膜１０５及び第２の絶縁膜１０６にビアホール１０６ａを形成すると共に、第２の絶縁膜１０６に配線溝１０６ｂを形成することにより、ビアホール１０６ａ及び配線溝１０６ｂよりなる凹部１０６ｃを形成する。なお、ビアホール１０６ａ及び配線溝１０６ｂは、周知のリソグラフィ技術、エッチング技術、アッシング技術、及び洗浄技術を用いて、デュアルダマシン配線溝（ビアホール１０６ａ及び配線溝１０６ｂよりなる凹部１０６ｃ）を形成する工程により形成すればよい。なお、一般に、ビアホール１０６ａを先に形成した後に、配線溝（トレンチ）１０６ｂを形成する方法が良く用いられている（例えば、特許文献１参照）。

【０００７】

次に、凹部１０６ｃの壁面に沿うように、物理気相成長法（ＰＶＤ：physical vapor deposition）などにより、第２のバリアメタル膜１０７を形成する。

【０００８】

次に、第２のバリアメタル膜１０７の上に、物理気相成長法により、銅シード層を形成した後に、該銅シード層を種に用いた銅めっきにより、凹部１０６ｃを埋め込むと共に第２の絶縁膜１０６の表面全体を覆うように銅膜を形成する。続いて、化学機械研磨（CMP：chemical mechanical polishing）法により、銅膜における凹部１０６ｃの内側に形成されている部分以外で第２の絶縁膜１０６の上に形成されている部分と第２のバリアバリアメタル膜１０７における凹部１０６ｃの内側の部分以外で第２の絶縁膜１０６の上に形成されている部分を研磨除去する。このようにして、第２の配線１０８及びその一部であるビアプラグを形成できる。なお、第２の配線１０８は、配線、ビアプラグ、又はこれら両方のいずれかであってもよい。以上の一連の動作を繰り返し行なうことにより、多層配線を形成することができる。

【 0 0 1 0 】

ここで、第2の絶縁膜106及び第2のバリアメタル膜107に用いる材料について、図11(b)を参照しながら説明する。

【 0 0 1 0 】

ここで、拡散防止膜105には、シリコン窒化膜、シリコン窒化炭化膜、又はシリコン炭化酸化物膜などが用いられる。銅拡散防止膜105は、下層の第1の配線104を構成する銅が第2の絶縁膜106中に拡散することを防止する動きを有する。

【 0 0 1 1 】

また、第2の絶縁膜106には、シリコン酸化膜、フッ素ドーブシリコン酸化膜、シリコン酸化炭化膜、又は有機膜よりなる絶縁膜が用いられる。すなわち、第2の絶縁膜106は、図11(b)に列挙した膜を用いればよい(なお、図中では、第2のバリアメタル膜107が金属窒化膜である場合について示している)。また、これらの膜は、化学気相成長法で形成された膜であってもよいし、スピン塗布法により形成されたSOD(spin on dielectric)膜であってもよい。

【 0 0 1 2 】

一般に、銅は、熱又は電界によって容易にシリコン酸化膜などの絶縁膜中を拡散するので、これが原因となってトランジスタの特性劣化が生じやすい。また、銅は、絶縁膜との密着性が低い。したがって、銅配線を形成する際には、銅と絶縁膜との間に、タンタル膜又は窒化タンタル膜よりなるバリアメタル膜を形成することにより、銅が絶縁膜へ拡散することを防止すると共に絶縁膜及び銅との密着性を向上させる方法が提案されている(例えば、特許文献2参照)なお、タンタル膜又は窒化タンタル膜は、単層又は積層構造として用いられる。

【 0 0 1 3 】

しかしながら、例えば前述の例において、第2のバリアメタル膜107としてタンタルなどの高融点金属膜を用いた場合には、凹部106cが形成される第2の絶縁膜106と高融点金属膜との密着性が悪いと言う問題がある。この密着性が悪いという問題に対しては、例えば第2のバリアメタル膜107としてタンタル膜を用いた場合には、タンタル膜よりなる第2のバリアメタル膜107と第2の絶縁膜106との間にタンタル窒化膜を形成することによって密着性の悪さを改善してきたが、十分な密着性が得られているわけではない。

【 0 0 1 4 】

また、第2のバリアメタル膜107としてタンタル膜を用いた場合には、電解めっきによって銅を形成する際に、タンタル膜は酸化されるので、高抵抗の酸化タンタル膜が形成されてしまう。このため、配線抵抗の上昇を避けることができないという問題を有している。

【 0 0 1 5 】

また、第2のバリアメタル膜107として窒化タンタル膜を用いた場合には、窒化タンタル膜は酸化されることはないが、窒化タンタル膜は高抵抗であって、且つ銅との密着性が低いという問題を有している。

【 0 0 1 6 】

さらに、第2のバリアメタル膜107としてチタン膜又は窒化チタン膜を用いた場合にも、それぞれ、タンタル膜を用いた場合又は窒化タンタル膜を用いた場合と同様の問題が存在する。

【 0 0 1 7 】

これらの問題に鑑みて、特に、第2のバリアメタル膜107の低抵抗化を実現する目的で、金属及びその金属酸化物自体が低抵抗であるルテニウム又はイリジウムなどの金属を第2のバリアメタル膜107として用いることが注目されてきている(例えば、特許文献3及び4参照)。なお、これらの金属は、一般に、原子層成長法又は化学気相成長法によって形成される。

【特許文献1】特開平11-223755号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0018】

しかしながら、タンタル又はルテニウムなどの高融点金属膜をバリアメタル膜として用いる場合には、ダマシン配線用の凹部が形成される絶縁膜と高融点金属膜よりなるバリアメタル膜との密着性が悪いという問題がある。また、高融点金属膜よりなるバリアメタル膜と絶縁膜との間に金属窒化膜を形成することにより、絶縁膜の上に高融点金属よりなるバリアメタル膜を直接形成する場合よりも密着性の悪さを改善することができるが、抵抗が増大するという問題がある。

【0019】

前記に鑑み、本発明の目的は、低抵抗であって、且つ、絶縁膜及び配線との間で高い密着性を有するバリアメタル膜を有する半導体装置及びその製造方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0020】

前記の目的を達成するために、本発明に係る第1の半導体装置は、基板上に形成された絶縁膜と、絶縁膜中に形成された埋め込み金属配線と、絶縁膜と金属配線との間に形成されたバリアメタル膜とを有する半導体装置において、バリアメタル膜は、金属化合物膜であり、金属化合物膜は、絶縁膜を構成する元素のうち少なくとも1つを含んでいることを特徴とする。

【0021】

第1の半導体装置によると、金属化合物膜と絶縁膜との接合面に同一元素が存在するので、金属化合物膜と絶縁膜との接合面に同一元素が存在しない場合に比べて、金属化合物膜と絶縁膜との密着性は飛躍的に向上している。このため、密着性が高い多層配線を有する信頼性の高い半導体装置を実現することができる。

【0022】

前記の目的を達成するために、本発明に係る第2の半導体装置は、基板上に形成された絶縁膜と、絶縁膜中に形成された埋め込み金属配線と、絶縁膜と金属配線との間に形成されたバリアメタル膜とを有する半導体装置において、バリアメタル膜は、絶縁膜と接するように形成された金属化合物膜、及び金属化合物膜の上に形成された1層以上の金属を含む膜よりなり、金属化合物膜は、絶縁膜を構成する元素のうち少なくとも1つを含んでいることを特徴とする。

【0023】

第2の半導体装置によると、金属化合物膜と絶縁膜との接合面に同一元素が存在するので、金属化合物膜と絶縁膜との接合面に同一元素が存在しない場合に比べて、金属化合物膜と絶縁膜との密着性は飛躍的に向上している。また、バリアメタル膜は、金属化合物膜とその上に形成された1層以上の金属を含む膜よりなるので、バリアメタル膜全体として低抵抗化することができる。このため、低抵抗であって、且つ、密着性が高い多層配線を有する信頼性の高い半導体装置を実現することができる。

【0024】

本発明に係る第2の半導体装置において、1層以上の金属を含む膜は、金属膜、金属化合物膜、又は金属膜及び金属化合物膜のうちから選ばれた膜を組み合わせる多層膜よりなることが好ましい。

【0025】

このようにすると、低抵抗なバリアメタル膜を構成できると共に、金属積層膜における膜間の密着性を向上させることができる。このため、低抵抗であって、且つ、密着性が高い多層配線を有する信頼性の高い半導体装置を実現することができる。

【 0 0 2 0 】

本発明に係る第1又は第2の半導体装置において、金属化合物膜は、金属窒化膜であり、絶縁膜は、窒素を含んでいることが好ましい。

【 0 0 2 7 】

このようにすると、金属化合物膜と絶縁膜との接合面に同一元素である窒素が存在するので、金属化合物膜と絶縁膜との接合面に同一元素が存在しない場合に比べて、金属化合物膜と絶縁膜との密着性は飛躍的に向上している。このため、低抵抗であって、且つ、密着性の高い多層配線を有する信頼性の高い半導体装置を実現することができる。

【 0 0 2 8 】

本発明に係る第1又は第2の半導体装置において、金属化合物膜は、金属酸化膜であり、絶縁膜は、酸素を含んでいることが好ましい。

【 0 0 2 9 】

このようにすると、金属化合物膜と絶縁膜との接合面に同一元素である酸素が存在するので、金属化合物膜と絶縁膜との接合面に同一元素が存在しない場合に比べて、金属化合物膜と絶縁膜との密着性は飛躍的に向上している。このため、低抵抗であって、且つ、密着性が高い多層配線を有する信頼性の高い半導体装置を実現することができる。

【 0 0 3 0 】

本発明に係る第1又は第2の半導体装置において、金属化合物膜は、金属炭化膜であり、絶縁膜は、炭素を含んでいることが好ましい。

【 0 0 3 1 】

このようにすると、金属化合物膜と絶縁膜との接合面に同一元素である炭素が存在するので、金属化合物膜と絶縁膜との接合面に同一元素が存在しない場合に比べて、同一元素が存在しない場合に比べ金属化合物膜と絶縁膜との密着性は飛躍的に向上している。このため、低抵抗であって、且つ、密着性が高い多層配線を有する信頼性の高い半導体装置を実現することができる。

【 0 0 3 2 】

本発明に係る第1又は第2の半導体装置において、金属化合物膜は、金属ケイ化膜であり、絶縁膜は、ケイ素を含んでいることが好ましい。

【 0 0 3 3 】

このようにすると、金属化合物膜と絶縁膜との接合面に同一元素であるケイ素が存在するので、金属化合物膜と絶縁膜との接合面に同一元素が存在しない場合に比べて、金属化合物膜と絶縁膜との密着性は飛躍的に向上している。このため、低抵抗であって、且つ、密着性が高い多層配線を有する信頼性の高い半導体装置を実現することができる。

【 0 0 3 4 】

本発明に係る第1又は第2の半導体装置において、金属化合物膜を構成する金属は、高融点金属であることが好ましい。

【 0 0 3 5 】

このようにすると、埋め込み金属配線を形成した後にさらに上層の配線を形成する際に、およそ400℃前後の熱が加えられる場合であっても、金属化合物膜が変成することを防止できるので、信頼性の高い半導体装置を実現できる。

【 0 0 3 6 】

本発明に係る第1又は第2の半導体装置において、金属配線は、銅又は銅合金よりなることが好ましい。

【 0 0 3 7 】

このようにすると、低価格で信頼性が高いと共に低抵抗である多層配線を備えた高性能の半導体装置を実現することができる。

【 0 0 3 8 】

前記の目的を達成するために、本発明に係る第3の半導体装置は、基板上に形成された絶縁膜と、絶縁膜中に形成された埋め込み金属配線と、絶縁膜と金属配線との間に形成されたバリアメタル膜とを有する半導体装置において、バリアメタル膜は、絶縁膜と接する

よ、ノに形成された金属ノに膜入は金属炭化膜がなる金属化合物膜よりなり、絶縁膜は、IV族元素を含んでいることを特徴とする。

【0039】

第3の半導体装置によると、金属化合物膜及び絶縁膜は互いに4価の電子軌道を有する元素を有しているので、金属化合物膜と絶縁膜との接合面において共有結合が形成されやすい。このため、金属化合物膜と絶縁膜との密着性は飛躍的に向上する。したがって、密着性が高い多層配線を有する信頼性の高い半導体装置を実現することができる。

【0040】

前記の目的を達成するために、本発明に係る第4の半導体装置は、基板上に形成された絶縁膜と、絶縁膜中に形成された埋め込み金属配線と、絶縁膜と金属配線との間に形成されたバリアメタル膜とを有する半導体装置において、バリアメタル膜は、絶縁膜と接するように形成された金属ケイ化膜又は金属炭化膜よりなる金属化合物膜、及び金属化合物膜の上に形成された1層以上の金属を含む膜よりなり、絶縁膜は、IV族元素を含んでいることを特徴とする。

【0041】

第4の半導体装置によると、金属化合物膜及び絶縁膜は互いに4価の電子軌道を有する元素を有しているので、金属化合物膜と絶縁膜との接合面において共有結合が形成されやすい。このため、金属化合物膜と絶縁膜との密着性は飛躍的に向上する。また、バリアメタル膜は金属化合物膜とその上に形成された1層以上の金属を含む膜よりなるので、バリアメタル膜全体として低抵抗化することができる。したがって、低抵抗であって、且つ、密着性が高い多層配線を有する信頼性の高い半導体装置を実現することができる。

【0042】

本発明に係る第4の半導体装置において、1層以上の金属を含む膜は、金属膜、金属化合物膜、又は金属膜及び金属化合物膜のうちから選ばれた膜を組み合わせてなる多層膜よりなることが好ましい。

【0043】

このようにすると、低抵抗なバリアメタル膜を構成できると共に、金属積層膜における膜間の密着性を向上させることができる。このため、低抵抗であって、且つ、密着性が高い多層配線を有する信頼性の高い半導体装置を実現することができる。

【0044】

本発明に係る第3又は第4の半導体装置において、金属化合物膜を構成する金属は、高融点金属であることが好ましい。

【0045】

このようにすると、埋め込み金属配線を形成した後にさらに上層の配線を形成する際に、およそ400℃前後の熱が加えられる場合であっても、金属化合物膜が変成することを防止できるので、信頼性の高い半導体装置を実現できる。

【0046】

本発明に係る第3又は第4の半導体装置において、金属配線は、銅又は銅合金よりなることが好ましい。

【0047】

このようにすると、低価格で信頼性が高いと共に低抵抗である多層配線を備えた高性能の半導体装置を実現することができる。

【0048】

本発明に係る第5の半導体装置は、基板上に形成された第1の絶縁膜と、第1の絶縁膜中に形成された埋め込み金属配線と、第1の絶縁膜と金属配線との間に形成されたバリアメタル膜とを有する半導体装置において、第1の絶縁膜とバリアメタル膜との間には、第2の絶縁膜が形成されており、バリアメタル膜は、金属化合物膜であり、金属化合物膜は、第2の絶縁膜を構成する金属のうち少なくとも1つを含んでいることを特徴とする。

【0049】

第5の半導体装置によると、金属化合物膜と第2の絶縁膜との接合面に同一元素が存在

るのに、金属化合物膜と第2の絶縁膜との接合面に同一元素が存在しない場合に比べて、金属化合物膜と絶縁膜との密着性は飛躍的に向上している。また、第1の絶縁膜の上に第2の絶縁膜が形成されているため、絶縁膜同士の密着性は絶縁膜と金属膜又は金属化合物膜との密着性よりも高いので、金属化合物膜と第2の絶縁膜との密着性を向上させる目的で行なう第2の絶縁膜の選択の自由度が増大する。このため、半導体装置構造設計が容易になる。このようにして、基板上に形成された絶縁膜から金属配線まで全体として密着性が大きく向上する。これにより、密着性が高い多層配線を有する信頼性の高い半導体装置を実現することができる。

【0050】

本発明に係る第5の半導体装置において、金属化合物膜と金属配線との間には、1層以上の金属を含む膜が形成されていることが好ましい。

【0051】

このようにすると、バリアメタル膜は金属化合物及びその上に形成された1層以上の金属を含む膜よりなるので、バリアメタル膜全体を低抵抗化することができる。これにより、低抵抗であって、且つ、密着性が高い多層配線を有する信頼性の高い半導体装置を実現することができる。

【0052】

本発明に係る第5の半導体装置において、1層以上の金属を含む膜は、金属膜、金属化合物膜、又は金属膜及び金属化合物膜のうちから選ばれた膜を組み合わせてなる多層膜よりなることが好ましい。

【0053】

このようにすると、低抵抗なバリアメタル膜を構成できると共に、金属積層膜における膜間の密着性を向上させることができる。このため、低抵抗であって、且つ、密着性が高い多層配線を有する信頼性の高い半導体装置を実現することができる。

【0054】

本発明に係る第5の半導体装置において、金属化合物膜は、金属窒化膜であり、第2の絶縁膜は、窒素を含んでいることが好ましい。

【0055】

このようにすると、金属化合物膜と第2の絶縁膜との接合面に同一元素である窒素が存在するので、金属化合物膜と第2の絶縁膜との接合面に同一元素が存在しない場合に比べて、金属化合物膜と第2の絶縁膜との密着性は飛躍的に向上している。このため、低抵抗であって、且つ、密着性の高い多層配線を有する信頼性の高い半導体装置を実現することができる。

【0056】

本発明に係る第5の半導体装置において、金属化合物膜は、金属酸化膜であり、第2の絶縁膜は、酸素を含んでいることが好ましい。

【0057】

このようにすると、金属化合物膜と第2の絶縁膜との接合面に同一元素である酸素が存在するので、金属化合物膜と第2の絶縁膜との接合面に同一元素が存在しない場合に比べて、金属化合物膜と第2の絶縁膜との密着性は飛躍的に向上している。このため、低抵抗であって、且つ、密着性が高い多層配線を有する信頼性の高い半導体装置を実現することができる。

【0058】

本発明に係る第5の半導体装置において、金属化合物膜は、金属炭化膜であり、第2の絶縁膜は、炭素を含んでいることが好ましい。

【0059】

このようにすると、金属化合物膜と第2の絶縁膜との接合面に同一元素である炭素が存在するので、金属化合物膜と第2の絶縁膜との接合面に同一元素が存在しない場合に比べて、同一元素が存在しない場合に比べ金属化合物膜と第2の絶縁膜との密着性は飛躍的に向上している。このため、低抵抗であって、且つ、密着性が高い多層配線を有する信頼性

の同一半導体装置で大抵することが出来る。

【0060】

本発明に係る第5の半導体装置において、金属化合物膜は、金属ケイ化膜であり、第2の絶縁膜は、ケイ素を含んでいることが好ましい。

【0061】

このようにすると、金属化合物膜と第2の絶縁膜との接合面に同一元素であるケイ素が存在するので、金属化合物膜と第2の絶縁膜との接合面に同一元素が存在しない場合に比べて、金属化合物膜と第2の絶縁膜との密着性は飛躍的に向上している。このため、低抵抗であって、且つ、密着性が高い多層配線を有する信頼性の高い半導体装置を実現することができる。

【0062】

本発明に係る第5の半導体装置において、金属化合物膜を構成する金属は、高融点金属であることが好ましい。

【0063】

このようにすると、埋め込み金属配線を形成した後にさらに上層の配線を形成する際に、およそ400℃前後の熱が加えられる場合であっても、金属化合物膜が変成することを防止できるので、信頼性の高い半導体装置を実現できる。

【0064】

本発明に係る第5の半導体装置において、金属配線は、銅又は銅合金よりなることが好ましい。

【0065】

このようにすると、低価格で信頼性が高いと共に低抵抗である多層配線を備えた高性能の半導体装置を実現することができる。

【0066】

前記の目的を達成するために、本発明に係る第6の半導体装置は、基板上に形成された第1の絶縁膜と、第1の絶縁膜中に形成された埋め込み金属配線と、第1の絶縁膜と金属配線との間に形成されたバリアメタル膜とを有する半導体装置において、第1の絶縁膜とバリアメタル膜との間には、第2の絶縁膜が形成されており、バリアメタル膜は、金属ケイ化膜又は金属炭化膜よりなる金属化合物膜であり、第2の絶縁膜は、IV族元素を含んでいることを特徴とする。

【0067】

第6の半導体装置によると、金属化合物膜及び第2の絶縁膜は互いに4価の電子軌道を有する元素を有しているので、金属化合物膜と第2の絶縁膜との接合面において共有結合が形成されやすい。このため、金属化合物膜と第2の絶縁膜との密着性は飛躍的に向上している。また、第1の絶縁膜の上に第2の絶縁膜が形成されているので、絶縁膜同士の密着性は絶縁膜と金属膜及び金属化合物膜との密着性よりも高いので、金属化合物膜と第2の絶縁膜との密着性を向上させるために行われる第2の絶縁膜の選択の自由度が増大する。このため、半導体装置構造設計が容易になる。このようにして、基板上に形成された絶縁膜から金属配線まで全体として密着性が大きく向上する。したがって、密着性が高い多層配線を有する信頼性の高い半導体装置を実現することができる。

【0068】

本発明に係る第6の半導体装置において、金属化合物膜と金属配線との間には、1層以上の金属を含む膜が形成されていることが好ましい。

【0069】

このようにすると、バリアメタル膜は金属化合物膜とその上に形成された1層以上の金属を含む膜よりなるので、バリアメタル膜全体として低抵抗化することができる。したがって、低抵抗で且つ密着性が高い多層配線を有する信頼性の高い半導体装置を実現することができる。

【0070】

本発明に係る第6の半導体装置において、金属化合物膜を構成する金属は、高融点金属

であることが好ましい。

【0071】

このようにすると、埋め込み金属配線を形成した後にさらに上層の配線を形成する際に、およそ400℃前後の熱が加えられる場合であっても、金属化合物膜が変成することを防止できるので、信頼性の高い半導体装置を実現できる。

【0072】

本発明に係る第6の半導体装置において、金属配線は、銅又は銅合金よりなることが好ましい。

【0073】

このようにすると、低価格で信頼性が高いと共に低抵抗である多層配線を備えた高性能の半導体装置を実現することができる。

【0074】

前記の目的を達成するために、本発明に係る第1の半導体装置の製造方法は、基板上の絶縁膜に凹部を形成する工程と、少なくとも前記凹部の壁面に沿うように、絶縁膜を構成する元素のうち少なくとも1つを含む金属化合物膜よりなるバリアメタル膜を形成する工程と、凹部を埋め込むように、バリアメタル膜の上に埋め込み金属配線を形成する工程とを備えることを特徴とする。

【0075】

第1の半導体装置の製造方法によると、金属化合物膜と絶縁膜との接合面に同一元素が存在する構成が実現されるので、金属化合物膜と絶縁膜との接合面に同一元素が存在しない場合に比べて、金属化合物膜と絶縁膜との密着性は飛躍的に向上する。このため、密着性が高い多層配線を有する信頼性の高い半導体装置を製造することができる。

【0076】

前記の目的を達成するために、本発明に係る第2の半導体装置の製造方法は、基板上の第1の絶縁膜に凹部を形成する工程と、少なくとも凹部の壁面に沿うように、第2の絶縁膜を形成する工程と、第2の絶縁膜の上に、第2の絶縁膜を構成する元素のうち少なくとも1つを含む金属化合物膜を形成する工程と、凹部を埋め込むように、金属化合物膜の上に埋め込み金属配線を形成する工程とを備えることを特徴とする。

【0077】

第2の半導体装置の製造方法によると、金属化合物膜と第2の絶縁膜との接合面に同一元素が存在する構成が実現されるので、金属化合物膜と第2の絶縁膜との接合面に同一元素が存在しない場合に比べて、金属化合物膜と第2の絶縁膜との密着性は飛躍的に向上する。また、第1の絶縁膜の上に第2の絶縁膜を形成するため、絶縁膜同士の密着性は絶縁膜と金属膜及び金属化合物膜との密着性よりも高いので、金属化合物膜と第2の絶縁膜との密着性を向上させるために行なう第2の絶縁膜の選択の自由度を増大させることができる。このため、半導体装置構造設計が容易になる。このようにして、基板上に形成された絶縁膜から金属配線まで全体として密着性が大きく向上する。したがって、密着性が高い多層配線を有する信頼性の高い半導体装置を製造することができる。

【0078】

本発明に係る第1又は第2の半導体装置の製造方法において、バリアメタル膜を形成する工程は、金属化合物膜を形成した後に、金属化合物膜の上に1層以上の金属を含む膜をさらに形成して、金属化合物及び1層以上の金属を含む膜よりなるバリアメタル膜を形成する工程を含むことが好ましい。

【0079】

このようにすると、バリアメタル膜は金属化合物膜とその上に形成された1層以上の金属を含む膜よりなるので、バリアメタル膜全体を低抵抗化することができる。このため、低抵抗であって、且つ、密着性が高い多層配線を有する信頼性の高い半導体装置を製造することができる。

【0080】

本発明に係る第1又は第2の半導体装置の製造方法において、1層以上の金属を含む膜

は、金属膜、金属化合物膜、又は金属膜及び金属化合物膜のノックアウト部を祖み口
わけてなる多層膜よりなることが好ましい。

【0081】

このようにすると、低抵抗なバリアメタルを構成できると共に、金属積層膜における膜
間の密着性を向上させることができる。このため、低抵抗であって、且つ、密着性が高い
多層配線を有する信頼性の高い半導体装置を製造することができる。

【0082】

本発明に係る第1又は第2の半導体装置の製造方法において、金属化合物膜は、金属窒
化膜であり、金属化合物膜に隣接して形成されている絶縁膜は、窒素を含んでいることが
好ましい。

【0083】

このようにすると、金属化合物膜と該金属化合物膜に隣接して形成されている絶縁膜と
の接合面に同一元素である窒素が存在するため、金属化合物膜と該金属化合物膜に隣接し
て形成されている絶縁膜との接合面に同一元素が存在しない場合に比べて、金属化合物膜
と該金属化合物膜に隣接して形成されている絶縁膜との密着性は飛躍的に向上する。この
ため、低抵抗であって、且つ、密着性が高い多層配線を有する信頼性の高い半導体装置を
製造することができる。

【0084】

本発明に係る第1又は第2の半導体装置の製造方法において、金属化合物膜は、金属酸
化膜であり、金属化合物膜に隣接して形成されている絶縁膜は、酸素を含んでいることが
好ましい。

【0085】

このようにすると、金属化合物膜と該金属化合物膜に隣接して形成されている絶縁膜と
の接合面に同一元素である酸素が存在するため、金属化合物膜と該金属化合物膜に隣接し
て形成されている絶縁膜との接合面に同一元素が存在しない場合に比べて、金属化合物膜
と該金属化合物膜に隣接して形成されている絶縁膜との密着性は飛躍的に向上する。この
ため、低抵抗であって、且つ、密着性が高い多層配線を有する信頼性の高い半導体装置を
製造することができる。

【0086】

本発明に係る第1又は第2の半導体装置の製造方法において、金属化合物膜は、金属炭
化膜であり、金属化合物膜に隣接して形成されている絶縁膜は、炭素を含んでいることが
好ましい。

【0087】

このようにすると、金属化合物膜と該金属化合物膜に隣接して形成されている絶縁膜と
の接合面に同一元素である炭素が存在するため、金属化合物膜と該金属化合物膜に隣接し
て形成されている絶縁膜との接合面に同一元素が存在しない場合に比べて、金属化合物膜
と該金属化合物膜に隣接して形成されている絶縁膜との密着性は飛躍的に向上する。この
ため、低抵抗であって、且つ、密着性が高い多層配線を有する信頼性の高い半導体装置を
製造することができる。

【0088】

本発明に係る第1又は第2の半導体装置の製造方法において、金属化合物膜は、金属ケ
イ化膜であり、金属化合物膜に隣接して形成されている絶縁膜は、ケイ素を含んでいるこ
とが好ましい。

【0089】

このようにすると、金属化合物膜と該金属化合物膜に隣接して形成されている絶縁膜と
の接合面に同一元素であるケイ素が存在するため、金属化合物膜と該金属化合物膜に隣接
して形成されている絶縁膜との接合面に同一元素が存在しない場合に比べて、金属化合物
膜と該金属化合物膜に隣接して形成されている絶縁膜との密着性は飛躍的に向上する。こ
のため、低抵抗であって、且つ、密着性が高い多層配線を有する信頼性の高い半導体装置
を製造することができる。

【 0 0 9 0 】

本発明に係る第1又は第2の半導体装置の製造方法において、金属化合物膜を構成する金属は、高融点金属であることが好ましい。

【 0 0 9 1 】

このようにすると、埋め込み金属配線を形成した後にさらに上層の配線を形成する際に、およそ400℃前後の熱が加えられる場合であっても、金属化合物膜が変成することを防止できるので、信頼性の高い半導体装置を製造できる。

【 0 0 9 2 】

本発明に係る第1又は第2の半導体装置の製造方法において、金属配線は、銅又は銅合金よりなることが好ましい。

【 0 0 9 3 】

このようにすると、低価格で信頼性が高いと共に低抵抗である多層配線を備えた高性能半導体装置を製造することができる。

【 0 0 9 4 】

本発明に係る第3の半導体装置の製造方法は、基板上のIV族元素を含む絶縁膜に凹部を形成する工程と、少なくとも凹部の壁面に沿うように、金属ケイ化膜又は金属炭化膜からなる金属化合物膜よりなるバリアメタル膜を形成する工程と、凹部を埋め込むように、バリアメタル膜の上に埋め込み金属配線を形成する工程とを備えることを特徴とする。

【 0 0 9 5 】

第3の半導体装置の製造方法によると、金属化合物膜及び絶縁膜は互いに4価の電子軌道を有する元素を有しているので、金属化合物膜と絶縁膜との接合面において共有結合が形成されやすい。このため、金属化合物膜と絶縁膜との密着性は飛躍的に向上する。したがって、密着性が高い多層配線を有する信頼性の高い半導体装置を製造することができる。

【 0 0 9 6 】

本発明に係る第4の半導体装置の製造方法は、基板上の第1の絶縁膜に凹部を形成する工程と、少なくとも凹部の壁面に沿うように、IV族元素を含む第2の絶縁膜を形成する工程と、第2の絶縁膜の上に、金属ケイ化膜又は金属炭化膜からなる金属化合物膜よりなるバリアメタル膜を形成する工程と、凹部を埋め込むように、バリアメタル膜の上に埋め込み金属配線を形成する工程とを備えることを特徴とする。

【 0 0 9 7 】

第4の半導体装置の製造方法によると、金属化合物膜及び第2の絶縁膜は互いに4価の電子軌道を有する元素を有しているので、金属化合物膜と第2の絶縁膜との接合面において共有結合が形成されやすい。また、第1の絶縁膜の上に第2の絶縁膜を形成するため、絶縁膜同士の密着性は絶縁膜と金属膜及び金属化合物膜との密着性よりも高いので、金属化合物膜と第2の絶縁膜との密着性を向上させるために行なう第2の絶縁膜の選択の自由度を増大させることができる。このため、半導体装置構造設計が容易になる。このようにして、基板上に形成された絶縁膜から金属配線まで全体として密着性が大きく向上する。したがって、密着性が高い多層配線を有する信頼性の高い半導体装置を製造することができる。

【 0 0 9 8 】

本発明に係る第3又は第4の半導体装置の製造方法において、バリアメタル膜を形成する工程は、金属化合物膜を形成した後に、金属化合物膜の上に1層以上の金属を含む膜を形成して、金属化合物膜及び1層以上の金属を含む膜よりなるバリアメタル膜を形成する工程を含むことが好ましい。

【 0 0 9 9 】

このようにすると、バリアメタル膜は金属化合物膜とその上に形成された1層以上の金属を含む膜よりなるので、バリアメタル膜全体として低抵抗化することができる。したがって、低抵抗であって、且つ、密着性が高い多層配線を有する信頼性の高い半導体装置を実現することができる。

本発明に係る第3又は第4の半導体装置の製造方法において、金属化合物膜を構成する金属は、高融点金属であることが好ましい。

【 0 1 0 1 】

このようにすると、埋め込み金属配線を形成した後にさらに上層の配線を形成する際に、およそ400℃前後の熱が加えられる場合であっても、金属化合物膜が変成することを防止できるので、信頼性の高い半導体装置を製造できる。

【 0 1 0 2 】

本発明に係る第3又は第4の半導体装置の製造方法において、金属配線は、銅又は銅合金よりなることが好ましい。

【 0 1 0 3 】

このようにすると、低価格で信頼性が高いと共に低抵抗である多層配線を備えた高性能半導体装置を製造することができる。

【 発明の効果 】

【 0 1 0 4 】

本発明に係る第1の半導体装置によると、金属化合物膜と絶縁膜との接合面に同一元素が存在するので、金属化合物膜と絶縁膜との接合面に同一元素が存在しない場合に比べて、金属化合物膜と絶縁膜との密着性は飛躍的に向上している。このため、密着性が高い多層配線を有する信頼性の高い半導体装置を実現することができる。

【 0 1 0 5 】

本発明に係る第2の半導体装置によると、金属化合物膜と絶縁膜との接合面に同一元素が存在するので、金属化合物膜と絶縁膜との接合面に同一元素が存在しない場合に比べて、金属化合物膜と絶縁膜との密着性は飛躍的に向上している。また、バリアメタル膜は、金属化合物膜とその上に形成された1層以上の金属を含む膜よりなるので、バリアメタル膜全体として低抵抗化することができる。このため、低抵抗であって、且つ、密着性が高い多層配線を有する信頼性の高い半導体装置を実現することができる。

【 0 1 0 6 】

本発明に係る第3の半導体装置によると、金属化合物膜及び絶縁膜は互いに4価の電子軌道を有する元素を有しているので、金属化合物膜と絶縁膜との接合面において共有結合が形成されやすい。このため、金属化合物膜と絶縁膜との密着性は飛躍的に向上する。したがって、密着性が高い多層配線を有する信頼性の高い半導体装置を実現することができる。

【 0 1 0 7 】

本発明に係る第4の半導体装置によると、金属化合物膜及び絶縁膜は互いに4価の電子軌道を有する元素を有しているので、金属化合物膜と絶縁膜との接合面において共有結合が形成されやすい。このため、金属化合物膜と絶縁膜との密着性は飛躍的に向上する。また、バリアメタル膜は金属化合物膜とその上に形成された1層以上の金属を含む膜よりなるので、バリアメタル膜全体として低抵抗化することができる。したがって、低抵抗であって、且つ、密着性が高い多層配線を有する信頼性の高い半導体装置を実現することができる。

【 0 1 0 8 】

本発明に係る第5の半導体装置によると、金属化合物膜と第2の絶縁膜との接合面に同一元素が存在するので、金属化合物膜と第2の絶縁膜との接合面に同一元素が存在しない場合に比べて、金属化合物膜と絶縁膜との密着性は飛躍的に向上している。また、第1の絶縁膜の上に第2の絶縁膜が形成されているため、絶縁膜同士の密着性は絶縁膜と金属膜又は金属化合物膜との密着性よりも高いので、金属化合物膜と第2の絶縁膜との密着性を向上させる目的で行なう第2の絶縁膜の選択の自由度が増大する。このため、半導体装置構造設計が容易になる。このようにして、基板上に形成された絶縁膜から金属配線まで全体として密着性が大きく向上する。これにより、密着性が高い多層配線を有する信頼性の高い半導体装置を実現することができる。

【 0 1 1 0 】

本発明に係る第 6 の半導体装置によると、金属化合物膜及び第 2 の絶縁膜は互いに 4 価の電子軌道を有する元素を有しているので、金属化合物膜と第 2 の絶縁膜との接合面において共有結合が形成されやすい。このため、金属化合物膜と第 2 の絶縁膜との密着性は飛躍的に向上している。また、第 1 の絶縁膜の上に第 2 の絶縁膜が形成されているので、絶縁膜同士の密着性は絶縁膜と金属膜及び金属化合物膜との密着性よりも高いので、金属化合物膜と第 2 の絶縁膜との密着性を向上させるために行われる第 2 の絶縁膜の選択の自由度が増大する。このため、半導体装置構造設計が容易になる。このようにして、基板上に形成された絶縁膜から金属配線まで全体として密着性が大きく向上する。したがって、密着性が高い多層配線を有する信頼性の高い半導体装置を実現することができる。

【 0 1 1 0 】

本発明に係る第 1 の半導体装置の製造方法によると、金属化合物膜と絶縁膜との接合面に同一元素が存在する構成が実現されるので、金属化合物膜と絶縁膜との接合面に同一元素が存在しない場合に比べて、金属化合物膜と絶縁膜との密着性は飛躍的に向上する。このため、密着性が高い多層配線を有する信頼性の高い半導体装置を製造することができる。

【 0 1 1 1 】

本発明に係る第 2 の半導体装置の製造方法によると、金属化合物膜と第 2 の絶縁膜との接合面に同一元素が存在する構成が実現されるので、金属化合物膜と第 2 の絶縁膜との接合面に同一元素が存在しない場合に比べて、金属化合物膜と第 2 の絶縁膜との密着性は飛躍的に向上する。また、第 1 の絶縁膜の上に第 2 の絶縁膜を形成するため、絶縁膜同士の密着性は絶縁膜と金属膜及び金属化合物膜との密着性よりも高いので、金属化合物膜と第 2 の絶縁膜との密着性を向上させるために行なう第 2 の絶縁膜の選択の自由度を増大させることができる。このため、半導体装置構造設計が容易になる。このようにして、基板上に形成された絶縁膜から金属配線まで全体として密着性が大きく向上する。したがって、密着性が高い多層配線を有する信頼性の高い半導体装置を製造することができる。

【 0 1 1 2 】

本発明に係る第 3 の半導体装置の製造方法によると、金属化合物膜及び絶縁膜は互いに 4 価の電子軌道を有する元素を有しているので、金属化合物膜と絶縁膜との接合面において共有結合が形成されやすい。このため、金属化合物膜と絶縁膜との密着性は飛躍的に向上する。したがって、密着性が高い多層配線を有する信頼性の高い半導体装置を製造することができる。

【 0 1 1 3 】

本発明に係る第 4 の半導体装置の製造方法によると、金属化合物膜及び第 2 の絶縁膜は互いに 4 価の電子軌道を有する元素を有しているので、金属化合物膜と第 2 の絶縁膜との接合面において共有結合が形成されやすい。また、第 1 の絶縁膜の上に第 2 の絶縁膜を形成するため、絶縁膜同士の密着性は絶縁膜と金属膜及び金属化合物膜との密着性よりも高いので、金属化合物膜と第 2 の絶縁膜との密着性を向上させるために行なう第 2 の絶縁膜の選択の自由度を増大させることができる。このため、半導体装置構造設計が容易になる。このようにして、基板上に形成された絶縁膜から金属配線まで全体として密着性が大きく向上する。したがって、密着性が高い多層配線を有する信頼性の高い半導体装置を製造することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 1 1 4 】

(第 1 の実施形態)

以下、本発明の第 1 の実施形態に係る半導体装置について、図 1 (a) 及び (b) を参照しながら説明する。

【 0 1 1 5 】

図 1 (a) は、本発明の第 1 の実施形態に係る半導体装置の構造を示す要部断面図である。

図 1 (a) に示すように、シリコン基板 1 上には第 1 の絶縁膜 2 が形成されており、該第 1 の絶縁膜 2 中には第 1 のバリアメタル膜 3 を有する下層の銅配線である第 1 の配線 4 が形成されている。なお、シリコン基板 1 上には、図示していないトランジスタなどが形成されている。第 1 の絶縁膜 2 及び第 1 の配線 4 の上には、銅の拡散を防止する拡散防止膜 5 及び第 2 の絶縁膜 6 が順に形成されている。このように、拡散防止膜 5 及び第 2 の絶縁膜 6 よりなる絶縁層が形成されている。

【 0 1 1 7 】

また、拡散防止膜 5 及び第 2 の絶縁膜 6 には、第 1 の配線 4 に到達するビアホール 6 a が形成されていると共に、第 2 の絶縁膜 6 には、ビアホール 6 a に連通する配線溝 6 b が形成されている。このように、ビアホール 6 a 及び配線溝 6 b よりなるデュアルダマシン配線溝となる凹部 6 c が形成されている。なお、ビアホール 6 a 及び配線溝 6 b は、周知のリソグラフィ技術、エッチング技術、アッシング技術、及び洗浄技術を用いて、デュアルダマシン配線溝（ビアホール 6 a 及び配線溝 6 b よりなる凹部 6 c）を形成する工程によって形成できる。なお、一般に、ビアホール 6 a が先に形成された後に、配線溝（トレンチ） 6 b が形成される方法が良く用いられている。

【 0 1 1 8 】

また、凹部 6 c の壁面には、物理気相成長法（PVD：physical vapor deposition）などによって、第 2 のバリアメタル膜としての金属化合物膜 7 が形成されている。ここで、金属化合物膜 7 は、第 2 の絶縁膜 6 への銅の拡散を防止すると共に、後述する第 2 の配線 8 及び第 2 の絶縁膜 6 との密着性を向上させることを目的に形成されている。また、金属化合物膜 7 は、物理気相成長法の他に、原子層成長法（ALD：atomic layer deposition）、又は化学気相成長法（CVD：chemical vapor deposition）などの成膜方法により形成すればよい。

【 0 1 1 9 】

さらに、金属化合物膜 7 の上には、凹部 6 c に銅膜が埋め込まれることで形成された第 2 の配線 8 が形成されている。なお、第 2 の配線 8 の形成方法は以下の通りである。まず、金属化合物膜 7 の上に、物理気相成長法により、銅シード層を形成した後に、該銅シード層を種に用いた銅めっきにより、凹部 6 c を埋め込むと共に第 2 の絶縁膜 6 の表面全体を覆うように銅膜を形成する。続いて、化学機械研磨（CMP：chemical mechanical polishing）法により、銅膜における凹部 6 c の内側に形成されている部分以外で第 2 の絶縁膜 6 の上に形成されている部分と金属化合物膜 7 における凹部 6 c の内側の部分を除いた第 2 の絶縁膜 6 の上に形成されている部分を研磨除去する。これにより、第 2 の配線 8 及び第 2 の配線 8 の一部であるビアプラグの両方が同時に形成されている。なお、第 2 の配線 8 は、配線、ビアプラグ、又はこれら両方のいずれかであればよい。また、拡散防止膜 5 を形成してから化学機械研磨までの一連の動作を繰り返して行なうことによって多層配線が形成される。なお、ここでは、デュアルダマシン法を用いた場合について説明したが、シングルダマシン法を用いる場合であってもよく、この場合は配線と配線の一部であるビアプラグとが交互に形成される。

【 0 1 2 0 】

拡散防止膜 5 には、シリコン窒化膜、シリコン窒化炭化膜、シリコン炭化酸化物膜、シリコン炭化膜、又はこれらの膜を組み合わせる積層膜などの絶縁膜を用いるとよい。拡散防止膜 5 は、第 1 の配線 4 の銅が第 2 の絶縁膜 6 中に拡散することを防止する働きを有する。なお、第 2 の絶縁膜 6 については後述する。

【 0 1 2 1 】

また、金属化合物膜 7 を構成する金属には、高融点金属を用いるとよい。これにより、第 2 の配線 8 を形成した後に、さらに上層配線を形成する工程において、およそ 400℃前後の熱が加えられるが、本熱処理によって金属化合物膜 7 が変成することはない。したがって、信頼性の高い半導体装置を実現できる。

【 0 1 2 2 】

また、第2のバリアメタル膜としての金属化合物膜7を大抵の半導体装置に組み込む場合、金属化合物膜7の膜厚は、65nm世代の半導体装置の場合であれば、数nm~30nmとなるように形成されるとよい。また、45nm世代の半導体装置の場合であれば、厚くてもおよそ15nm以下にする必要があると予測される。また、金属化合物膜7の成膜方法は用途に応じて任意に最適化するとよい。

【0123】

また、第2の配線8の材料としては、前述の銅の他に、銀、金、又は白金などの低抵抗金属を用いるとよい。このようにすると、低抵抗の多層配線を形成できる。さらに好ましくは、第2の配線8の材料としては、銅又は銅合金（銅を主成分とし、他の金属を一部含有する合金）用いるとよい。このようにすると、低コストで低抵抗の多層配線を有する半導体装置を実現できる。

【0124】

ここで、本発明の第1の実施形態に係る半導体装置の特徴について説明する。

【0125】

すなわち、第2のバリアメタル膜としての金属化合物膜7が、第2の絶縁膜6を構成する元素のうち少なくとも1つを含んでいる点に特徴がある。このようにすると、金属化合物膜7と第2の絶縁膜6との接合面に同一の元素が存在するので、金属化合物膜7と第2の絶縁膜6との接合面に同一の元素が存在しない場合に比べて、金属化合物膜7と第2の絶縁膜6との密着性が飛躍的に向上する。これは、金属化合物膜7と第2の絶縁膜6との接合面に同一の元素が存在することにより、金属化合物膜7を第2の絶縁膜6の表面に形成する際に、金属化合物膜7と第2の絶縁膜6との界面での結合が増大する。これにより、金属化合物膜7と第2の絶縁膜6との界面は継ぎ目が無い状態に近づくので、密着性が高い多層配線を有する信頼性の高い半導体装置を実現することができる。

【0126】

ここで、本実施形態においては、第2の絶縁膜6として、図1(b)に示す材料よりなる第2の絶縁膜6Aを用いるとよい。すなわち、第2の絶縁膜6Aとしては、シリコン窒化膜、シリコン酸化窒化膜、シリコ酸化炭化窒化膜、シリコン炭化窒化膜、又は窒素含有有機膜よりなる絶縁膜を用いることが好ましい。これらの膜は、化学気相成長法にて形成された膜であってもよいし、スピン塗布法にて形成されたSOD (spin on dielectric) 膜であってもよい。

【0127】

この場合に、図1(b)に示すように、金属化合物膜7として金属窒化膜7Aを用いることが好ましい。

【0128】

このようにすると、金属化合物膜7としての金属窒化膜7Aと第2の絶縁膜6としての第2の絶縁膜6Aとの接合面に同一の元素である窒素が存在するので、金属化合物膜7と第2の絶縁膜6との接合面に同一の元素が存在しない場合に比べて、金属化合物膜7と第2の絶縁膜6との密着性が飛躍的に向上する。

【0129】

これにより、金属膜と絶縁膜とが接合する場合よりも密着性が高い多層配線を有する信頼性の高い半導体装置を実現することができる。

【0130】

具体的には、金属窒化膜7Aの金属には、チタニウム(Ti)、ジルコニウム(Zr)、ハフニウム(Hf)、タンタル(Ta)、ニオブウム(Nb)、タングステン(W)、バナジウム(V)、モリブデン(Mo)、ルテニウム(Ru)、オスミニウム(Os)、ロジウム(Rh)、イリジウム(Ir)、パラジウム(Pd)、又はプラチナ(Pt)を用いるとよい。

【0131】

さらに好ましくは、チタニウム(Ti)、ジルコニウム(Zr)、ハフニウム(Hf)、タンタル(Ta)、ニオブウム(Nb)、又はタングステン(W)などの金属を用いる

こよい。このようにすると、至らなくても等電位が与えられ、図1(a)の第2のバリアメタル膜を形成することができる。

【0132】

なお、図1(b)に示した金属窒化膜7Aの金属がさらに酸化、炭化、又はケイ化されている場合であっても、窒素を含む第2の絶縁膜6Aに対して、金属窒化膜7Aと同等又はそれに準じた密着性を得ることができる。

【0133】

以上説明したように、本発明の第1の実施形態によると、第2のバリアメタル膜としての金属化合物膜7と第2の絶縁膜6との密着性が高い多層配線を有する信頼性の高い半導体装置を実現することができる。

【0134】

なお、本実施形態ではデュアルダマシン構造を採用した場合について説明したが、配線と配線の一部であるビアプラグが形成されるシングルダマシン構造を採用した場合であっても、前述と同様の効果を得ることができる。

【0135】

(第2の実施形態)

以下、本発明の第2の実施形態に係る半導体装置について、図2(a)及び(b)を参照しながら説明する。

【0136】

図2(a)は、本発明の第2の実施形態に係る半導体装置の構造を示す要部断面図である。なお、第2の実施形態では、第1の実施形態と共通する部分はその説明を繰り返さないことにして、以下では、第1の実施形態と異なる点を中心に説明する。なお、図2(a)及び(b)では、図1(a)及び(b)における構成部分と共通する部分には同一の符号を付している。

【0137】

第2の実施形態と第1の実施形態とが異なる点は、第2の絶縁膜6及び金属化合物膜7として用いる材料とその材料の組み合わせである。

【0138】

すなわち、具体的には、図2(a)及び(b)に示すように、第2の実施形態に用いる第2の絶縁膜6Bとして、シリコン酸化膜、シリコン酸化フッ化膜、シリコン酸化炭化膜、シリコン酸化窒化膜、シリコン酸化炭化窒化膜、又は酸素を含有する有機膜よりなる絶縁膜を用いる。これらの膜は、化学気相成長法にて形成された膜であってもよいし、スピンドット法にて形成されたSOD (spin on dielectric) 膜であってもよい。

【0139】

この場合に、図2(b)に示すように、金属化合物膜7として金属酸化膜7Bを用いることが好ましい。

【0140】

このようにすると、金属化合物膜7としての金属酸化膜7Bと第2の絶縁膜6としての第2の絶縁膜6Bとの接合面に同一の元素である酸素が存在するので、金属化合物膜7と第2の絶縁膜6との接合面に同一の元素が存在しない場合に比べて、金属化合物膜7と第2の絶縁膜6との密着性が飛躍的に向上する。

【0141】

これにより、金属膜と絶縁膜とが接合する場合よりも密着性が高い多層配線を有する信頼性の高い半導体装置を実現することができる。

【0142】

また、金属酸化膜7Bの金属には、チタニウム(Ti)、ジルコニウム(Zr)、ハフニウム(Hf)、タンタル(Ta)、ニオブウム(Nb)、タングステン(W)、バナジウム(V)、モリブデン(Mo)、ルテニウム(Ru)、オスミニウム(Os)、ロジウム(Rh)、イリジウム(Ir)、パラジウム(Pd)、又はプラチナ(Pt)を用いるとよい。

【0143】

さらに好ましくは、バナジウム（V）、モリブデン（Mo）、ルテニウム（Ru）、オスミウム（Os）、ロジウム（Rh）、イリジウム（Ir）、パラジウム（Pd）、又はプラチナ（Pt）などを用いるとよい。このようにすると、酸化されても導電性が大きく失われない（比抵抗が小さい）ため、低抵抗の第2のバリアメタル膜を形成することができる。

【0144】

なお、図2（b）に示した金属酸化膜7Bの金属がさらに窒化、炭化、又はケイ化されている場合であっても、酸素を含む第2の絶縁膜6Bに対して、金属酸化膜7Bと同等又はそれに準じた密着性を得ることができる。

【0145】

以上説明したように、本発明の第2の実施形態によると、第2のバリアメタル膜としての金属化合物膜7と第2の絶縁膜6との密着性が高い多層配線を有する信頼性の高い半導体装置を実現することができる。

【0146】

（第3の実施形態）

以下、本発明の第3の実施形態に係る半導体装置について、図3（a）及び（b）を参照しながら説明する。

【0147】

図3（a）は、本発明の第3の実施形態に係る半導体装置の構造を示す要部断面図である。なお、第3の実施形態では、第1の実施形態と共通する部分はその説明を繰り返さないことにして、以下では、第1の実施形態と異なる点を中心に説明する。なお、図3（a）及び（b）では、図1（a）及び（b）における構成部分と共通する部分には同一の符号を付している。

【0148】

第3の実施形態と第1の実施形態とが異なる点は、第2の絶縁膜6及び金属化合物膜7として用いる材料とその材料の組み合わせである。

【0149】

すなわち、具体的には、図3（a）及び（b）に示すように、第3の実施形態に用いる第2の絶縁膜6Cとして、シリコン酸化膜、シリコン酸化フッ化膜、シリコン酸化炭化膜、シリコン炭化酸化膜、シリコン酸化炭化窒化膜、シリコン炭化膜、シリコン炭化窒化膜、シリコン窒化膜、又は有機膜よりなる絶縁膜を用いる。これらの膜は、化学気相成長法にて形成された膜であってもよいし、スピン塗布法にて形成されたSOD（spin on dielectric）膜であってもよい。

【0150】

この場合に、図3（b）に示すように、金属化合物膜7として金属炭化膜7Cを用いることが好ましい。

【0151】

このようにすると、金属炭化膜7Cには炭素が存在し、第2の絶縁膜6Cには有機膜よりなる場合を除いてシリコンが存在する。炭素とシリコンとは、互いに4価の電子軌道を有する元素であるため、他の元素とは異なって金属膜の成膜時に共有結合を形成しやすいので、金属炭化膜7Cと第2の絶縁膜6Cとの密着性が増大する。

【0152】

さらに好ましくは、金属化合物膜7として金属炭化膜7Cを用いる場合に、第2の絶縁膜6Cとして、シリコン酸化炭化膜、シリコン炭化酸化膜、シリコン酸化炭化窒化膜、シリコン炭化膜、シリコン炭化窒化膜、又は有機膜よりなる絶縁膜を用いるとよい。

【0153】

このようにすると、前述した密着性を向上させる因子に加えて、金属化合物膜7としての金属炭化膜7Cと第2の絶縁膜6としての第2の絶縁膜6Cとの接合面に同一元素である炭素が存在するので、金属化合物膜7と第2の絶縁膜6との接合面に同一の元素が存在

しない物に比べて、金属化合物膜 7 と第 2 の絶縁膜 6 との密着性が大幅に向上する。また、第 2 の絶縁膜 6 C が有機膜よりなる場合には、有機膜は炭素を主成分としているため、金属化合物膜 7 としての金属炭化膜 7 C と第 2 の絶縁膜 6 としての第 2 の絶縁膜 6 C との接合面に同一の元素である炭素が存在するので、金属炭化膜 7 C と第 2 の絶縁膜 6 C との密着性が増大する。

【0154】

これにより、金属膜と絶縁膜とが接合する場合よりも密着性が高い多層配線を有する信頼性の高い半導体装置を実現することができる。

【0155】

また、金属炭化膜 7 C の金属には、チタニウム (Ti)、ジルコニウム (Zr)、ハフニウム (Hf)、タンタル (Ta)、ニオブウム (Nb)、タングステン (W)、バナジウム (V)、モリブデン (Mo)、ルテニウム (Ru)、オスミウム (Os)、ロジウム (Rh)、イリジウム (Ir)、パラジウム (Pd)、又はプラチナ (Pt) を用いるとよい。

【0156】

さらに好ましくは、炭化されても比抵抗の小さな金属を用いるとよい。

【0157】

なお、図 3 (b) に示した金属窒化膜 7 C の金属がさらに酸化、窒化、又はケイ化されている場合であっても、炭素を含む第 2 の絶縁膜 6 C に対して、金属炭化膜 7 C と同等又はそれに準じた密着性を得ることができる。

【0158】

以上説明したように、本発明の第 3 の実施形態によると、第 2 のバリアメタル膜としての金属化合物膜 7 と第 2 の絶縁膜 6 との密着性が高い多層配線を有する信頼性の高い半導体装置を実現することができる。

【0159】

(第 4 の実施形態)

以下、本発明の第 4 の実施形態に係る半導体装置について、図 4 (a) 及び (b) を参照しながら説明する。

【0160】

図 4 (a) は、本発明の第 4 の実施形態に係る半導体装置の構造を示す要部断面図である。なお、第 4 の実施形態では、第 1 の実施形態と共通する部分はその説明を繰り返さないことにして、以下では、第 1 の実施形態と異なる点を中心に説明する。なお、図 4 (a) 及び (b) では、図 1 (a) 及び (b) における構成部分と共通する部分には同一の符号を付している。

【0161】

図 4 (a) 及び (b) に示すように、第 4 の実施形態に用いる第 2 の絶縁膜 6 D として、シリコン酸化膜、シリコン酸化フッ化膜、シリコン酸化炭化膜、シリコン炭化酸化膜、シリコン酸化炭化窒化膜、シリコン炭化膜、シリコン炭化窒化膜、シリコン窒化膜、有機膜よりなる絶縁膜、又はシリコンを含有する有機膜よりなる絶縁膜を用いる。これらの膜は、化学気相成長法にて形成された膜であってもよいし、スピン塗布法にて形成された SOD (spin on dielectric) 膜であってもよい。

【0162】

この場合に、図 4 (b) に示すように、金属化合物膜 7 として金属ケイ化膜 7 D を用いることが好ましい。

【0163】

このようにすると、金属ケイ化膜 7 D にはシリコンが存在し、第 2 の絶縁膜 6 D には有機膜よりなる場合 (シリコンを含有しない有機膜よりなる絶縁膜) を除いてシリコンが存在する。したがって、金属化合物膜 7 としての金属ケイ化膜 7 D と第 2 の絶縁膜 6 としての第 2 の絶縁膜 6 D との接合面に同一元素であるケイ素 (シリコン) が存在するので、金属化合物膜 7 と第 2 の絶縁膜 6 との接合面に同一の元素が存在しない場合に比べて、金属

ル化合物膜 7 と第 2 の絶縁膜 6 との密着性はさらに向上する。また、シリコン膜 7 向上は共有結合を形成しやすいために、金属化合物膜 7 と第 2 の絶縁膜 6 との密着性はさらに向上する。また、第 2 の絶縁膜 6 D が有機膜よりなる場合（シリコンを含有しない有機膜よりなる絶縁膜）には、有機膜は炭素を主成分としているため、炭素とシリコンとは、互いに 4 価の電子軌道を有する元素であり、共有結合が形成されやすい。このため、金属膜と絶縁膜とが接合する場合よりも密着性が高い多層配線を有する信頼性の高い半導体装置を実現できる。

【0164】

また、金属ケイ化膜 7 D の金属には、チタニウム (Ti)、ジルコニウム (Zr)、ハフニウム (Hf)、タンタル (Ta)、ニオブウム (Nb)、タングステン (W)、バナジウム (V)、モリブデン (Mo)、ルテニウム (Ru)、オスミニウム (Os)、ロジウム (Rh)、イリジウム (Ir)、パラジウム (Pd)、又はプラチナ (Pt) を用いるとよい。

【0165】

さらに好ましくは、ケイ化されても比抵抗の小さな金属を用いるとよい。

【0166】

なお、図 4 (b) に示した金属窒化膜 7 D の金属がさらに、炭化、窒化、又は酸化されている場合であっても、ケイ素を含む第 2 の絶縁膜 6 D に対して、金属ケイ化膜 7 D と同等又はそれに準じた密着性を得ることができる。

【0167】

以上説明したように、本発明の第 4 の実施形態によると、第 2 のバリアメタル膜としての金属化合物膜 7 と第 2 の絶縁膜 6 との密着性が高い多層配線を有する信頼性の高い半導体装置を実現することができる。

【0168】

(第 5 の実施形態)

以下、本発明の第 5 の実施形態に係る半導体装置について、図 5 を参照しながら説明する。なお、第 5 の実施形態では、第 1 の実施形態と共通する部分はその説明を繰り返さないことにして、以下では、第 1 の実施形態と異なる点を中心に説明する。なお、図 5 では、図 1 (a) における構成部分と共通する部分には同一の符号を付している。

【0169】

図 5 に示すように、第 5 の実施形態に係る半導体装置は、第 2 のバリアメタル膜として、金属化合物膜 7 と、該金属化合物膜 7 の上に形成された 1 層以上の金属を含む膜 9 とを備えている点に特徴があり、この点において、以上の第 1 ～第 4 の実施形態と異なっている。

【0170】

ここで、1 層以上の金属を含む膜 9 は、金属膜、金属化合物膜、又は金属膜及び金属化合物膜の中から選ばれた膜が組み合わされてなる多層膜であることが好ましい。また、1 以上の金属を含む膜 9 を構成するこれらの金属は、高融点金属が適していることはいうまでもない。

【0171】

このように、第 5 の実施形態によると、金属膜よりも相対的に高い比抵抗を有する金属化合物膜 7 の表面に、該金属化合物膜 7 よりも低抵抗な金属膜、又は、金属膜及び金属化合物膜よりなる多層膜を形成することにより、金属化合物膜の単層膜を第 2 のバリアメタル膜として用いる第 1 ～第 4 の実施形態に比べて、第 5 の実施形態における第 2 のバリアメタル膜は低抵抗のバリアメタル膜を形成することができる。

【0172】

ここで、1 層以上の金属を含む膜 9 を構成する金属には、チタニウム (Ti)、ジルコニウム (Zr)、ハフニウム (Hf)、タンタル (Ta)、ニオブウム (Nb)、タングステン (W)、バナジウム (V)、モリブデン (Mo)、ルテニウム (Ru)、オスミニウム (Os)、ロジウム (Rh)、イリジウム (Ir)、パラジウム (Pd)、又はプラ

を用いるとよい。例えば、コバルトの比抵抗は15 ($\mu\Omega \cdot \text{cm}$)であり、ルテニウムの比抵抗は7.5 ($\mu\Omega \cdot \text{cm}$)であり、イリジウムの比抵抗は6.5 ($\mu\Omega \cdot \text{cm}$)である。

【0173】

また、1層以上の金属を含む膜9を構成する金属化合物膜として金属酸化膜を用いる場合、その金属には、バナジウム(V)、モリブデン(Mo)、ルテニウム(Ru)、オスミニウム(Os)、ロジウム(Rh)、イリジウム(Ir)、パラジウム(Pd)、又はプラチナ(Pt)などを用いるとよい。例えば、ルテニウム酸化膜の比抵抗は35 ($\mu\Omega \cdot \text{cm}$)であり、イリジウム酸化膜の比抵抗は30 ($\mu\Omega \cdot \text{cm}$)である。これらの金属を用いると、酸化されても導電性を失わない(比抵抗が小さい)ので、低抵抗の第2のバリアメタル膜を形成することができる。

【0174】

また、1層以上の金属を含む膜9を構成する金属化合物膜として金属窒化膜を用いる場合、その金属には、チタニウム(Ti)、タンタル(Ta)、ジルコニウム(Zr)、ニオブウム(Nb)、ハフニウム(Hf)、又はタンゲステン(W)などを用いるとよい。例えば、チタン窒化膜の比抵抗は25 ($\mu\Omega \cdot \text{cm}$)であり、タンタル窒化膜の比抵抗は130 ($\mu\Omega \cdot \text{cm}$)である。これらの金属を用いると、金属窒化膜の比抵抗が小さいので、低抵抗の第2のバリアメタル膜を形成することができる。

【0175】

本実施形態において、金属化合物膜7が金属窒化膜よりなる場合には、第2の絶縁膜6として第1の実施形態に示した第2の絶縁膜6Aを用いることにより、第2のバリアメタル膜としての金属化合物膜7と第2の絶縁膜6との密着性が高い多層配線を有する信頼性の高い半導体装置を実現することができる。

【0176】

本実施形態において、金属化合物膜7が金属酸化膜の場合は、第2の絶縁膜6として第2の実施形態に示した第2の絶縁膜6Bを用いることにより、第2のバリアメタル膜としての金属化合物膜7と第2の絶縁膜6との密着性が高い多層配線を有する信頼性の高い半導体装置を実現することができる。

【0177】

本実施形態において、金属化合物膜7が金属炭化膜の場合は、第2の絶縁膜6として第3の実施形態に示した第2の絶縁膜6Cを用いることにより、第2のバリアメタル膜としての金属化合物膜7と第2の絶縁膜6との密着性が高い多層配線を有する信頼性の高い半導体装置を実現することができる。

【0178】

本実施形態において、金属化合物膜7が金属ケイ化膜の場合は、第2の絶縁膜6として第4の実施形態に示した第2の絶縁膜6Dを用いることにより、第2のバリアメタル膜としての金属化合物膜7と第2の絶縁膜6との密着性が高い多層配線を有する信頼性の高い半導体装置を実現することができる。

【0179】

以上説明したように、本発明の第5の実施形態によると、低抵抗であって、且つ、密着性が高いバリアメタル膜を有する多層配線を具備した信頼性の高い半導体装置を実現することができる。

【0180】

(第6の実施形態)

以下、本発明の第6の実施形態に係る半導体装置について、図6を参照しながら説明する。なお、第6の実施形態では、第5の実施形態と共通する部分はその説明を繰り返さないことにして、以下では、第5の実施形態と異なる点を中心に説明する。なお、図6では、図5における構成部分と共通する部分には同一の符号を付している。

【0181】

図6に示すように、第6の実施形態に係る半導体装置は、金属化合物膜7と第2の絶縁

膜との間に第3の絶縁膜10が形成されていると六に、金属化合物膜7が第3の絶縁膜10を構成する元素を少なくとも1つを含んでいる点に特徴があり、この点において、第5の実施形態と異なっている。

【0182】

このように、第2の絶縁膜6と第3の絶縁膜10とは絶縁膜同士であるため、金属と絶縁膜との組み合わせ、又は金属化合物膜と絶縁膜との組み合わせよりも、第2の絶縁膜6と第3の絶縁膜10とは密着性が高い。このため、密着性を向上させるために選択する第3の絶縁膜10と金属化合物膜7との組み合わせの自由度を増大させることができる。

【0183】

したがって、前述した第1～第4の実施形態で示した第2の絶縁膜6と金属化合物膜7との組み合わせと同様の組み合わせを実現するためには、第2バリアメタル膜を構成する金属化合物膜7に適合する絶縁膜を第3の絶縁膜10として決定すればよく、半導体装置の設計の自由度を増大させることができる。

【0184】

なお、図6では1層以上の金属を含む膜9が形成されている構成が示されているが、1以上の金属を含む膜9は形成されてない場合であってもよい。

【0185】

以上のように、前述した第1～第4の実施形態で示した第2の絶縁膜6と金属化合物膜7との組み合わせと同様の組み合わせを満足するように、第3の絶縁膜10を選択することにより、低抵抗であって、且つ、密着性が高いバリアメタルを有する多層配線を具備した信頼性の高い半導体装置を実現することができる。

【0186】

(第7の実施形態)

以下、本発明の第7の実施形態に係る半導体装置の製造方法について、図7(a)～(c)を参照しながら説明する。

【0187】

図7(a)～(c)は、本発明の第7の実施形態に係る半導体装置の製造方法を示す要部工程断面図である。

【0188】

図7(a)に示すように、シリコン基板1上に第1の絶縁膜2を形成した後に、該第1の絶縁膜2中に第1のバリアメタル膜3を有する下層の銅配線である第1の配線4を形成する。なお、シリコン基板1上には、図示していないトランジスタなどが形成されている。第1の絶縁膜2及び第1の配線4の上に、銅の拡散を防止する拡散防止膜5及び第2の絶縁膜6を順に形成する。このようにして、拡散防止膜5及び第2の絶縁膜6よりなる絶縁層を形成する。

【0189】

次に、拡散防止膜5及び第2の絶縁膜6に、第1の配線4に到達するビアホール6aを形成すると共に、第2の絶縁膜6に、ビアホール6aに連通する配線溝6bを形成する。このようにして、ビアホール6a及び配線溝6bよりなるデュアルダマシン配線溝となる凹部6cを形成する。なお、ビアホール6a及び配線溝6bは、周知のリソグラフィ技術、エッチング技術、アッシング技術、及び洗浄技術を用いて、デュアルダマシン配線溝(ビアホール6a及び配線溝6bよりなる凹部6c)を形成する工程によって形成できる。なお、一般に、ビアホール6aを先に形成した後に、配線溝(トレンチ)6bを形成する方法が良く用いられる。

【0190】

次に、図7(b)に示すように、凹部6cの内部を含む第2の絶縁膜6の上に、物理気相成長法(PVD: physical vapor deposition)などによって、第2のバリアメタル膜としての金属化合物膜7を形成する。ここで、金属化合物膜7は、第2の絶縁膜6を構成する元素の少なくとも1つを含む膜よりなる。また、金属化合物膜7は、第2の絶縁膜6への銅の拡散を防止すると共に、第2の絶縁膜6及び後述する第2の配線8との密着性を

向上とせることで同時に形成されている。また、金属化合物膜7は、物理気相成長法その他に、原子層成長法（ALD：atomic layer deposition）、又は化学気相成長法（CVD：chemical vapor deposition）などの成膜方法により形成すればよい。

【0191】

次に、図7（c）に示すように、金属化合物膜7の上に、物理気相成長法により、銅シード層を形成した後に、該銅シード層を種に用いた銅めっきにより、凹部6cを埋め込むと共に第2の絶縁膜6の表面全体を覆うように銅膜を形成する。なお、銅シード層は必ずしも形成しなくともよい。続いて、化学機械研磨（CMP：chemical mechanical polishing）法により、銅膜における凹部6cの内側に形成されている部分以外で第2の絶縁膜6の上に形成されている部分と、金属化合物膜7における凹部6cの内側の部分以外で第2の絶縁膜6の上に形成されている部分を研磨除去する。これにより、図7（c）に示すように、第2の配線8及び第2の配線8の一部であるビアプラグの両方を同時に形成する。なお、第2の配線8は、配線、ビアプラグ、又はこれら両方のいずれかであればよい。また、拡散防止膜5を形成してから化学機械研磨までの一連の動作を繰り返して行なうことによって多層配線が形成される。なお、ここでは、デュアルダマシン法を用いた場合について説明したが、シングルダマシン法を用いる場合であってもよく、この場合は配線と配線の一部であるビアプラグとが交互に形成される。

【0192】

拡散防止膜5には、シリコン窒化膜、シリコン窒化炭化膜、シリコン炭化酸化膜、シリコン炭化膜、又はこれらの膜を組み合わせてなる積層膜などの絶縁膜を用いるとよい。拡散防止膜5は、第1の配線4の銅が第2の絶縁膜6中に拡散することを防止する動きを有する。

【0193】

第2の絶縁膜6には、シリコン酸化膜、シリコン酸化フッ化膜、シリコン酸化炭化膜、シリコン炭化酸化膜、シリコン酸化炭化窒化膜、シリコン炭化膜、シリコン炭化窒化膜、シリコン窒化膜、又は有機膜よりなる絶縁膜を用いる。これらの膜は、化学気相成長法にて形成された膜であってもよいし、スピン塗布法にて形成されたSOD（spin on dielectric）膜であってもよい。

【0194】

また、金属化合物膜7を構成する金属には、高融点金属を用いるとよい。これにより、第2の配線8を形成した後に、さらに上層配線を形成する工程において、およそ400℃前後の熱が加えられるが、本熱処理によって金属化合物膜7が変成することはない。したがって、信頼性の高い半導体装置を実現できる。

【0195】

また、第2のバリアメタル膜としての金属化合物膜7を実際の半導体装置に組み込む場合、金属化合物膜7の膜厚は、65nm世代の半導体装置の場合であれば、数nm～30nmとなるように形成されるとよい。また、45nm世代の半導体装置の場合であれば、厚くてもおよそ15nm以下にする必要があると予測される。また、金属化合物膜7の成膜方法は用途に応じて任意に最適化するとよい。

【0196】

また、第2の配線8の材料としては、前述の銅の他に、銀、金、又は白金などの低抵抗金属を用いるとよい。このようにすると、低抵抗の多層配線を形成できる。さらに好ましくは、第2の配線8の材料としては、銅又は銅合金（銅を主成分とし、他の金属を一部含有する合金）を用いるとよい。このようにすると、低コストで低抵抗の多層配線を有する半導体装置を製造できる。

【0197】

第7の実施形態に係る半導体装置の製造方法では、第2の絶縁膜6を構成する元素の少なくとも1つを含む膜よりなる金属化合物膜7を形成している点に特徴がある。このようにすると、金属化合物膜7と第2の絶縁膜6との接合面には同一元素が存在するので、金属化合物膜7と第2の絶縁膜6との接合面に同一の元素が存在しない場合に比べて、金属

にロウ膜１と第２の絶縁膜６との界面が互いに近づく。これは、金属ロウ膜１で第２の絶縁膜６の表面に形成する際に、同一元素が存在することにより界面での結合が増大するので、界面が継ぎ目の無い状態に近づくからである。したがって、密着性が高い多層配線を有する信頼性の高い半導体装置を製造することができる。

【０１９８】

本実施形態において、金属化合物膜７が金属窒化膜よりなる場合には、第２の絶縁膜６として第１の実施形態に示した第２の絶縁膜６Ａを用いることにより、第２のバリアメタル膜としての金属化合物膜７と第２の絶縁膜６との密着性が高い多層配線を有する信頼性の高い半導体装置を実現することができる。

【０１９９】

本実施形態において、金属化合物膜７が金属酸化膜の場合は、第２の絶縁膜６として第２の実施形態に示した第２の絶縁膜６Ｂを用いることにより、第２のバリアメタル膜としての金属化合物膜７と第２の絶縁膜６との密着性が高い多層配線を有する信頼性の高い半導体装置を実現することができる。

【０２００】

本実施形態において、金属化合物膜７が金属炭化膜の場合は、第２の絶縁膜６として第３の実施形態に示した第２の絶縁膜６Ｃを用いることにより、第２のバリアメタル膜としての金属化合物膜７と第２の絶縁膜６との密着性が高い多層配線を有する信頼性の高い半導体装置を実現することができる。

【０２０１】

本実施形態において、金属化合物膜７が金属ケイ化膜の場合は、第２の絶縁膜６として第４の実施形態に示した第２の絶縁膜６Ｄを用いることにより、第２のバリアメタル膜としての金属化合物膜７と第２の絶縁膜６との密着性が高い多層配線を有する信頼性の高い半導体装置を実現することができる。

【０２０２】

以上説明したように、本発明の第７の実施形態により、低抵抗であって、且つ、密着性が高いバリアメタルを有する多層配線を具備した信頼性の高い半導体装置を製造することができる。

【０２０３】

なお、本実施形態ではデュアルダマシン構造を採用した場合について説明したが、配線と配線の一部であるビアプラグが形成されるシングルダマシン構造を採用した場合であっても、前述と同様の効果を得ることができる。

【０２０４】

（第８の実施形態）

以下、本発明の第８の実施形態に係る半導体装置の製造方法について、図８（ａ）及び（ｂ）並びに図９（ａ）及び（ｂ）を参照しながら説明する。

【０２０５】

図８（ａ）及び（ｂ）並びに図９（ａ）及び（ｂ）は、本発明の第８の実施形態に係る半導体装置の製造方法を示す要部工程断面図である。なお、図８（ａ）及び（ｂ）並びに図９（ａ）及び（ｂ）では、前述した図７（ａ）～（ｃ）における構成部分と共通する部分には同一の符号を付している。

【０２０６】

図８（ａ）に示すように、シリコン基板１上に第１の絶縁膜２を形成した後に、該第１の絶縁膜２中に第１のバリアメタル膜３を有する下層の銅配線である第１の配線４を形成する。なお、シリコン基板１上には、図示していないランジスタなどが形成されている。第１の絶縁膜２及び第１の配線４の上に、銅の拡散を防止する拡散防止膜５及び第２の絶縁膜６を順に形成する。このようにして、拡散防止膜５及び第２の絶縁膜６よりなる絶縁層を形成する。

【０２０７】

次に、拡散防止膜５及び第２の絶縁膜６に、第１の配線４に到達するビアホール６ａを

形成する。次に、第2の絶縁膜6の上に、ビアホール6aに連通する配線溝6bを形成する。このようにして、ビアホール6a及び配線溝6bよりなるデュアルダマシン配線溝となる凹部6cを形成する。なお、ビアホール6a及び配線溝6bは、周知のリソグラフィ技術、エッチング技術、アッシング技術、及び洗浄技術を用いて、デュアルダマシン配線溝（ビアホール6a及び配線溝6bよりなる凹部6c）を形成する工程によって形成できる。なお、一般に、ビアホール6aを先に形成した後に、配線溝（トレンチ）6bを形成する方法が良く用いられる。

【0208】

次に、図8（b）に示すように、凹部6cの内部を含む第2の絶縁膜6の上に、物理気相成長法（PVD：physical vapor deposition）などによって、第2のバリアメタル膜としての金属化合物膜7を形成する。ここで、金属化合物膜7は、第2の絶縁膜6を構成する元素の少なくとも1つを含む膜よりなる。また、金属化合物膜7は、第2の絶縁膜6への銅の拡散を防止すると共に、第2の絶縁膜6及び後述する第2の配線8との密着性を向上させることを目的に形成されている。また、金属化合物膜7は、物理気相成長法の他に、原子層成長法（ALD：atomic layer deposition）、又は化学気相成長法（CVD：chemical vapor deposition）などの成膜方法により形成すればよい。

【0209】

次に、図9（a）に示すように、金属化合物膜7の上に、さらに一層以上の金属を含む膜9を形成する。

【0210】

次に、図9（b）に示すように、一層以上の金属を含む膜9の上に、物理気相成長法により、銅シード層を形成した後に、該銅シード層を種に用いた銅めっきにより、凹部6cを埋め込むと共に一層以上の金属を含む膜9の表面全体を覆うように銅膜を形成する。なお、銅シード層は必ずしも形成しなくともよい。続いて、化学機械研磨（CMP：chemical mechanical polishing）法により、銅膜における凹部6cの内側に形成されている部分以外で一層以上の金属を含む膜9の上に形成されている部分と、金属化合物膜7及び一層以上の金属を含む膜9における凹部6cの内側の部分以外で第2の絶縁膜6の上に形成されている部分を研磨除去する。これにより、図9（b）に示すように、第2の配線8及び第2の配線8の一部であるビアプラグの両方を同時に形成する。なお、第2の配線8は、配線、ビアプラグ、又はこれら両方のいずれかであればよい。また、拡散防止膜5を形成してから化学機械研磨までの一連の動作を繰り返して行なうことによって多層配線が形成される。なお、ここでは、デュアルダマシン法を用いた場合について説明したが、シングルダマシン法を用いる場合であってもよく、この場合は配線と配線の一部であるビアプラグとが交互に形成される。

【0211】

ここで、本発明の第8の実施形態に係る半導体装置の製造方法の特徴について、前述した第7の実施形態と異なる点を中心に説明する。

【0212】

本発明の第8の実施形態に係る半導体装置の製造方法は、金属化合物膜7を形成した後に、一層以上の金属を含む膜9を形成する工程を備えており、この点において、前述した第7の実施形態に係る半導体装置の製造方法と異なっている。

【0213】

一層以上の金属を含む膜9は、金属膜、金属化合物膜、又は金属膜及び金属化合物膜の中から選ばれた膜が組み合わされてなる多層膜であることが好ましい。また、1以上の金属を含む膜9を構成するこれらの金属は、高融点金属が適していることはいうまでもない。

【0214】

このように、第8の実施形態によると、金属膜よりも相対的に高い比抵抗を有する金属化合物膜7の表面に、該金属化合物膜7よりも低抵抗な金属膜、又は、金属膜及び金属化合物膜よりなる多層膜を形成することにより、金属化合物膜の単層膜を第2のバリアメタ

ル膜として用いる第1の実施形態に比べて、第2の実施形態における第2のバリアメタル膜は低抵抗のバリアメタル膜を形成することができる。

【0215】

ここで、1層以上の金属を含む膜9を構成する金属には、チタニウム(Ti)、ジルコニウム(Zr)、ハフニウム(Hf)、タンタル(Ta)、ニオブウム(Nb)、タングステン(W)、バナジウム(V)、モリブデン(Mo)、ルテニウム(Ru)、オスミニウム(Os)、ロジウム(Rh)、イリジウム(Ir)、パラジウム(Pd)、又はプラチナ(Pt)を用いるとよい。例えば、タンタルの比抵抗は $13(\mu\Omega \cdot \text{cm})$ であり、ルテニウムの比抵抗は $7.5(\mu\Omega \cdot \text{cm})$ であり、イリジウムの比抵抗は $6.5(\mu\Omega \cdot \text{cm})$ である。

【0216】

また、1層以上の金属を含む膜9を構成する金属化合物膜として金属酸化膜を用いる場合、その金属には、バナジウム(V)、モリブデン(Mo)、ルテニウム(Ru)、オスミニウム(Os)、ロジウム(Rh)、イリジウム(Ir)、パラジウム(Pd)、又はプラチナ(Pt)などを用いるとよい。例えば、ルテニウム酸化膜の比抵抗は $35(\mu\Omega \cdot \text{cm})$ であり、イリジウム酸化膜の比抵抗は $30(\mu\Omega \cdot \text{cm})$ である。これらの金属を用いると、酸化されても導電性を失わない(比抵抗が小さい)ので、低抵抗の第2のバリアメタル膜を形成することができる。

【0217】

また、1層以上の金属を含む膜9を構成する金属化合物膜として金属窒化膜を用いる場合、その金属には、チタニウム(Ti)、タンタル(Ta)、ジルコニウム(Zr)、ニオブウム(Nb)、ハフニウム(Hf)、又はタングステン(W)などを用いるとよい。例えば、チタン窒化膜の比抵抗は $25(\mu\Omega \cdot \text{cm})$ であり、タンタル窒化膜の比抵抗は $130(\mu\Omega \cdot \text{cm})$ である。これらの金属を用いると、金属窒化膜の比抵抗が小さいので、低抵抗の第2のバリアメタル膜を形成することができる。

【0218】

なお、比抵抗が小さな金属化合物膜であれば、一層以上の金属を含む膜9を構成する金属化合物膜として使用可能であり、金属炭化膜又は金属ケイ化膜などを用いてもよい。さらに、比抵抗が小さな金属化合物であれば他の金属化合物膜であっても一層以上の金属を含む膜9を構成する金属化合物膜として使用できる。

【0219】

また、前述の金属と金属化合物膜との組み合わせによる積層膜を用いることにより、銅の拡散防止効果と低抵抗化とを同時に実現することができるので、第2のバリアメタル膜6として効果的である。もちろん、一層以上の金属を含む膜9内部における密着性、及び一層以上の金属を含む膜9と金属化合物膜7との密着性が向上するように、金属と一層以上の金属を含む膜9としての金属化合物膜との組み合わせによる積層膜を形成するとさらに好ましい。

【0220】

また、金属化合物膜7と第2の絶縁膜6との組み合わせ及びその効果については、第1～第4の実施形態で示した通りである。

【0221】

したがって、本実施形態によると、金属膜よりも相対的に高い比抵抗を有する金属化合物膜7の表面に、金属化合物膜7よりも低抵抗な金属膜又は金属膜と金属化合物膜とからなる多層膜を形成することにより、第2のバリアメタル膜として金属化合物膜7の単層膜を用いた第7の実施形態に比べて、第8の実施形態における第2のバリアメタル膜は低抵抗のバリアメタル膜を形成することができる。

【0222】

なお、本実施形態ではデュアルダマシン構造を採用した場合について説明したが、配線と配線の一部であるピアプラグが形成されるシングルダマシン構造を採用した場合であっても、前述と同様の効果を得ることができる。

【０２２３】

以上述べたように、本発明の第８の実施形態によると、低抵抗であって、且つ、第２の絶縁膜６、金属化合物膜７及び一層以上の金属を含む膜９よりなる第２のバリアメタル膜、及び第２の配線８のすべてにわたって高い密着性が得られる。したがって、高い密着性を有するバリアメタル膜を備えた多層配線を実現することができ、これにより、信頼性の高い半導体装置を製造することができる。

【０２２４】

（第９の実施形態）

以下、本発明の第８の実施形態に係る半導体装置の製造方法について、図１０（ａ）～（ｃ）を参照しながら説明する。図１０（ａ）～（ｃ）は、本発明の第８の実施形態に係る半導体装置の製造方法を示す工程断面図である。なお、第９の実施形態では、第７の実施形態と共通する部分はその説明を繰り返さないことにして、以下では、第７の実施形態と異なる点を中心に説明する。なお、図１０（ａ）～（ｃ）では、図７（ａ）～（ｃ）における構成部分と共通する部分には同一の符号を付している。

【０２２５】

第９の実施形態に係る半導体装置の製造方法では、図１０（ａ）に示すように、デュアルダマシン配線溝の凹部６ｃを形成する工程の後に、凹部６ｃの内部を含む第２の絶縁膜６の上に第３の絶縁膜１０を形成する工程を備えている点が特徴である。第３の絶縁膜１０を形成した後は、図１０（ｂ）に示すように、第３の絶縁膜１０の上に、該第３の絶縁膜１０を構成する元素の少なくとも１つを含む金属化合物膜７を形成する。続いて、図１０（ｃ）に示すように、第７の実施形態と同様にして、デュアルダマシン配線である第２の配線８を形成する。

【０２２６】

このようにすると、第２の絶縁膜６と第３の絶縁膜１０とは絶縁膜同士であるので、金属と絶縁膜との組み合わせ、又は金属化合物膜と絶縁膜との組み合わせよりも、第２の絶縁膜６と第３の絶縁膜１０とは密着性が高い。このため、密着性を向上させるために選択する第３の絶縁膜１０と金属化合物膜７との組み合わせの自由度を増大させることができる。

【０２２７】

また、金属化合物膜７と第３の絶縁膜１０との組み合わせは、前述した第１～第４の実施形態で示した金属化合物膜７と第２の絶縁膜６との組み合わせと同様に、第２のバリアメタル膜を構成する金属化合物膜７に適合する絶縁膜を第３の絶縁膜１０として決定すればよい。この場合、金属化合物膜７と第３の絶縁膜１０との密着性は、第１～第４の実施形態で示した金属化合物膜７と第２の絶縁膜６との密着性の場合と同様の効果を得ることができる。したがって、金属化合物膜７と第３の絶縁膜１０との組み合わせを決める上で選択肢が増えるので、半導体装置の設計の自由度を増大させることができる。

【０２２８】

以上のように、前述した第１～第４の実施形態で示した第２の絶縁膜６と金属化合物膜７との組み合わせと同様の組み合わせを満足するように、第３の絶縁膜１０を選択することにより、低抵抗であって、且つ、密着性が高いバリアメタルを有する多層配線を具備した信頼性の高い半導体装置を実現することができる。

【０２２９】

また、第８の実施形態と第９の実施形態とを組み合わせることにより、それぞれの実施形態の効果を得ることができる。すなわち、本実施形態における金属化合物膜７を形成する工程の後に、一層以上の金属を含む膜９を形成する工程を付加することにより、金属膜よりも相対的に高い比抵抗を有する金属化合物膜７の表面に、該金属化合物膜７よりも低抵抗な金属膜又は金属膜及び金属化合物膜よりなる多層膜を形成する。これにより、第２のバリアメタル膜として金属化合物膜７の単層膜を用いる第８の実施形態に比べて、低抵抗のバリアメタル膜を形成することができる。

【０２３０】

なお、本実施形態ではノーマルノーマン構造を採用した場合について説明したが、配線と配線の一部であるピアプラグが形成されるシングルダマシ構造を採用した場合であっても、前述と同様の効果を得ることができる。

【0231】

以上説明したように、第9の実施形態によると、低抵抗であって、且つ、密着性の高いバリアメタル膜を有する多層配線を具備した信頼性の高い半導体装置を実現することができる。

【産業上の利用可能性】

【0232】

以上説明したように、本発明は、低抵抗であって、且つ、高密着性を実現するバリアメタル膜を備えた半導体装置及びその製造方法などに有用である。

【図面の簡単な説明】

【0233】

【図1】(a)は、第1の実施形態に係る半導体装置の構造を示す要部断面図であり、(b)は、第1の実施形態に係る半導体装置における第2の絶縁膜と金属化合物膜との構成を示す図である。

【図2】(a)は、第2の実施形態に係る半導体装置の構造を示す要部断面図であり、(b)は、第2の実施形態に係る半導体装置における第2の絶縁膜と金属化合物膜との構成を示す図である。

【図3】(a)は、第3の実施形態に係る半導体装置の構造を示す要部断面図であり、(b)は、第3の実施形態に係る半導体装置における第2の絶縁膜と金属化合物膜との構成を示す図である。

【図4】(a)は、第4の実施形態に係る半導体装置の構造を示す要部断面図であり、(b)は、第4の実施形態に係る半導体装置における第2の絶縁膜と金属化合物膜との構成を示す図である。

【図5】第5の実施形態に係る半導体装置の構造を示す要部断面図である。

【図6】第6の実施形態に係る半導体装置の構造を示す要部断面図である。

【図7】(a)～(c)は、第7の実施形態に係る半導体装置の製造方法を示す要部工程断面図である。

【図8】(a)及び(b)は、第8の実施形態に係る半導体装置の製造方法を示す要部工程断面図である。

【図9】(a)及び(b)は、第8の実施形態に係る半導体装置の製造方法を示す要部工程断面図である。

【図10】(a)～(c)は、第9の実施形態に係る半導体装置の製造方法を示す要部工程断面図である。

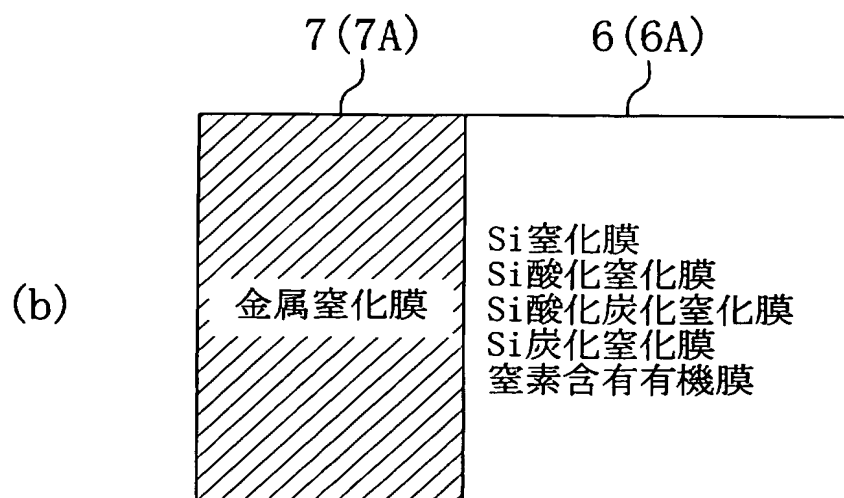
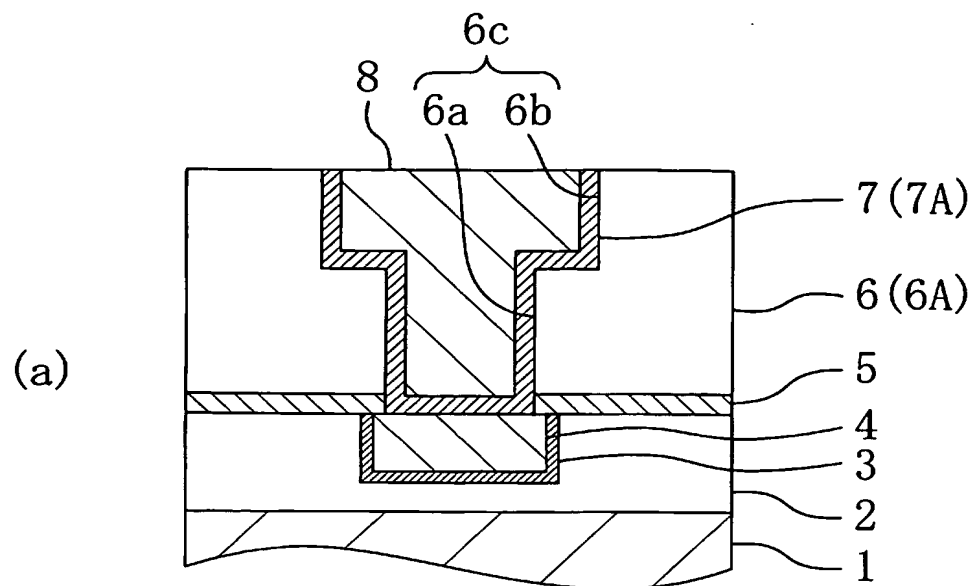
【図11】従来の半導体装置の製造方法を説明するための構造断面図である。

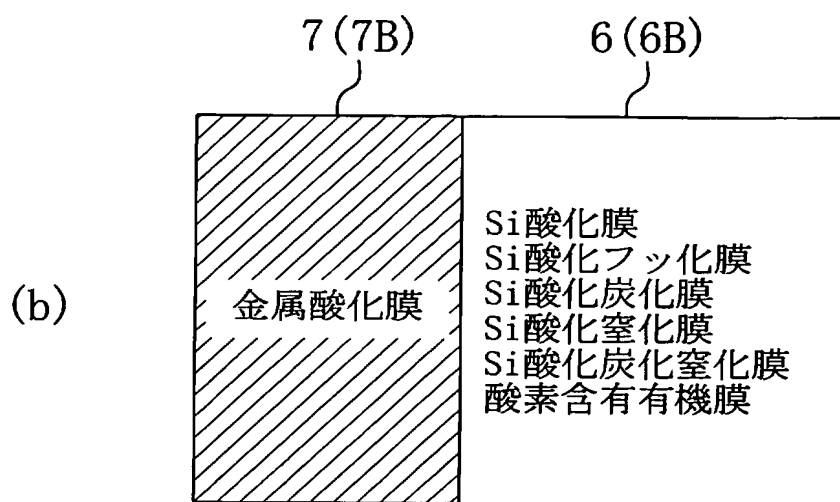
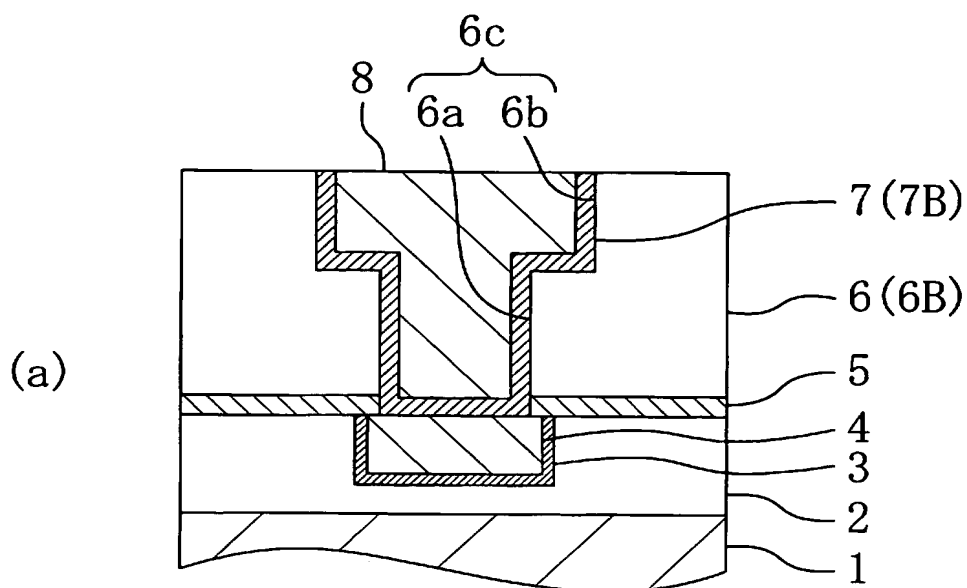
【符号の説明】

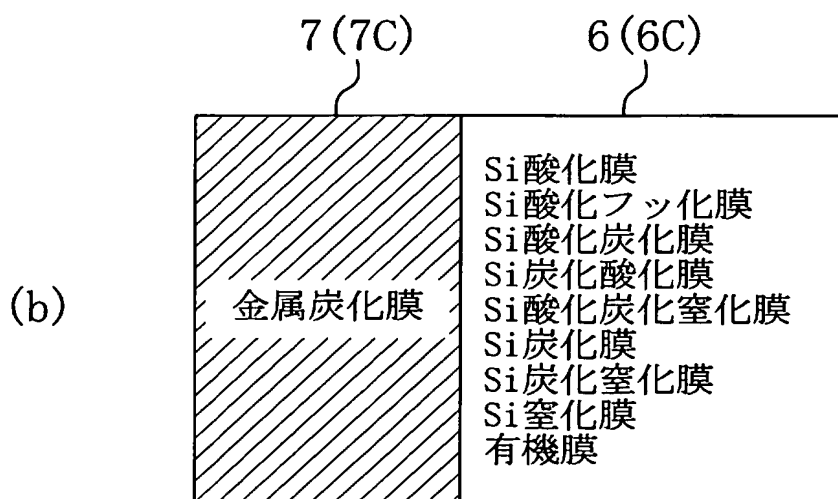
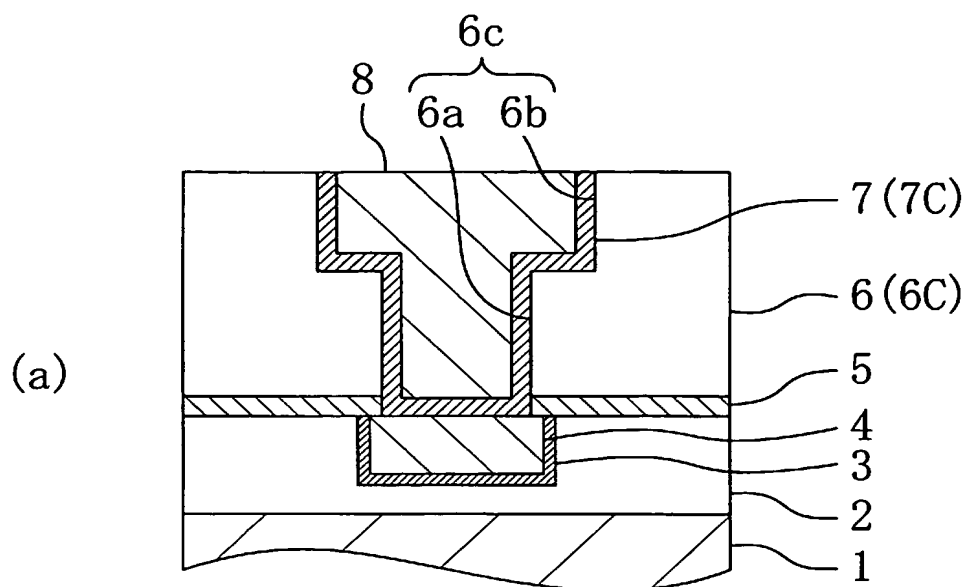
【0234】

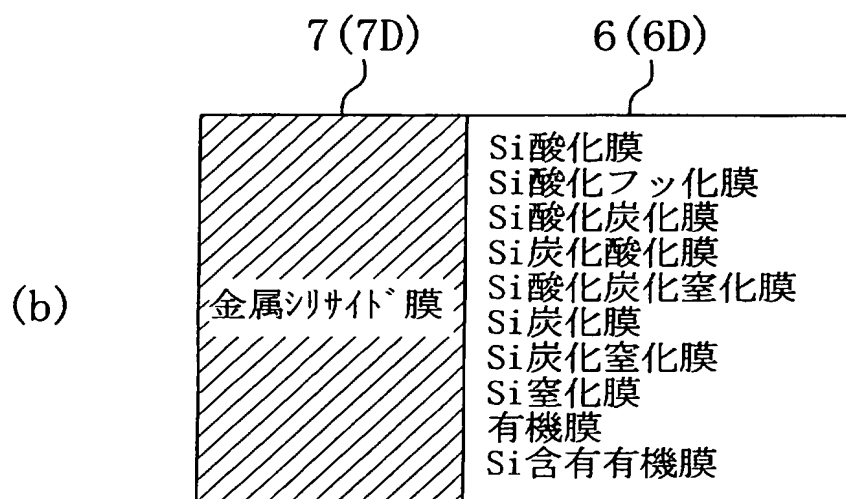
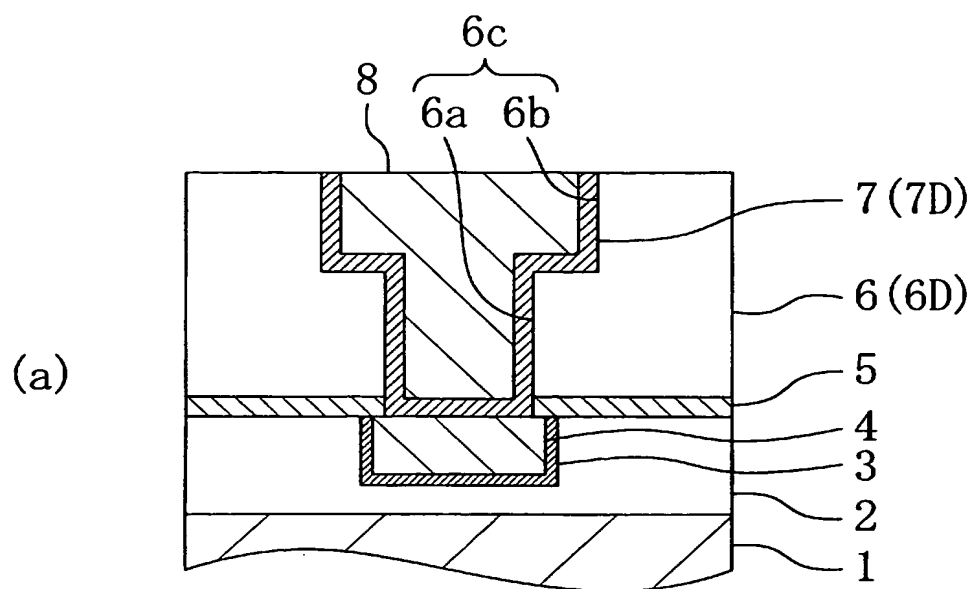
- 1 シリコン基板
- 2 第1の絶縁膜
- 3 第1のバリアメタル膜
- 4 第1の配線
- 5 拡散防止膜
- 6、6 A、6 B、6 C、6 D 第2の絶縁膜
- 6 a ピアホール
- 6 b 配線溝
- 6 c 凹部
- 7 金属化合物
- 7 A 金属窒化膜
- 7 B 金属酸化膜

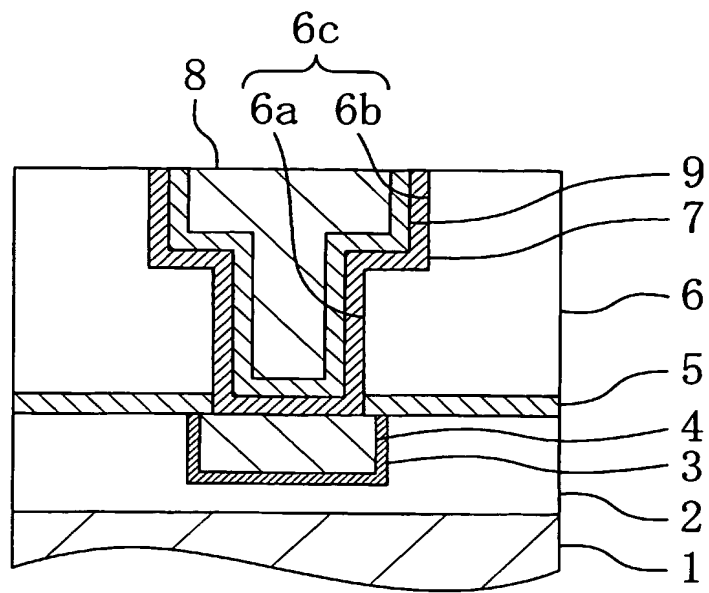
7 C 金属灰化膜
7 D 金属ケイ化膜
8 第2の配線
9 一層以上の金属を含む膜
10 第3の絶縁膜
101 シリコン基板
102 第1の絶縁膜
103 第1のバリアメタル膜
104 第1の配線
105 拡散防止膜
106 第2の絶縁膜
106a ビアホール
106b 配線溝
106c 凹部
107 バリアメタル膜
108 第2の配線



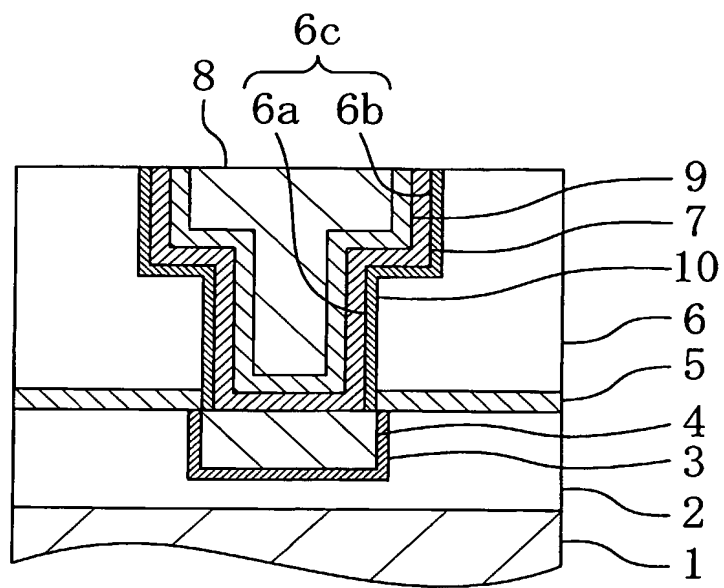




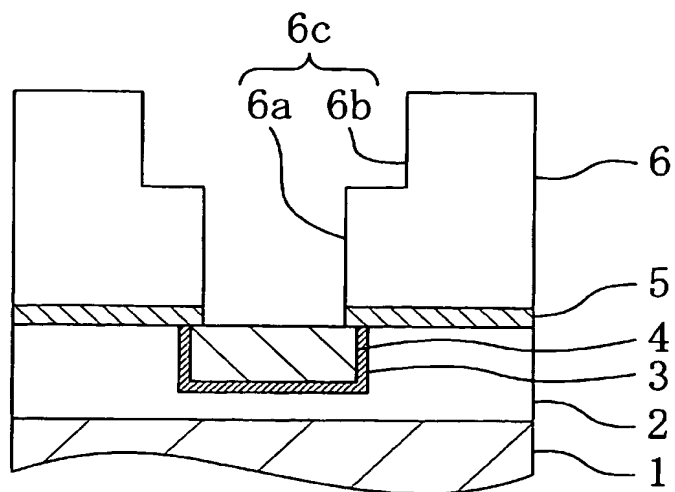




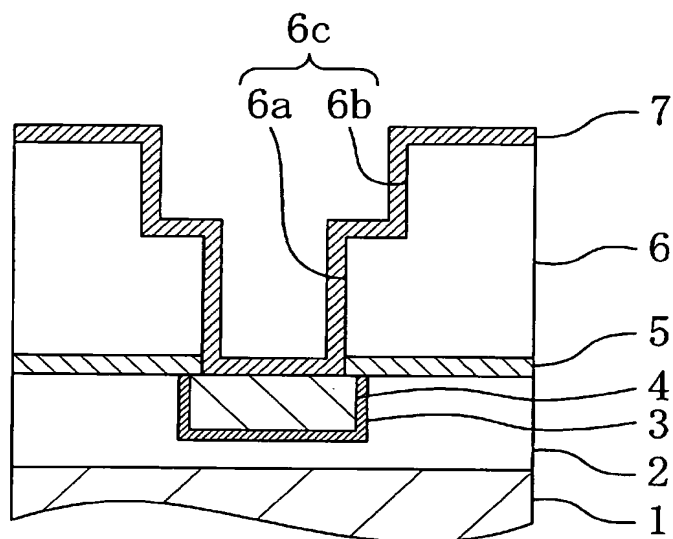
【 図 6 】



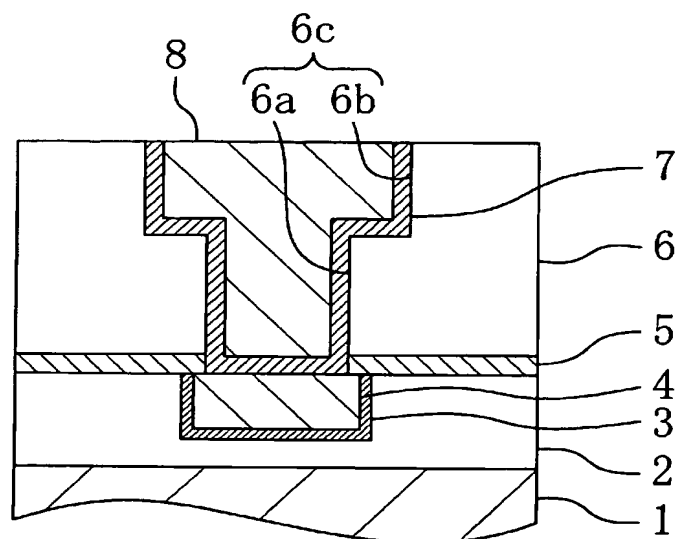
(a)



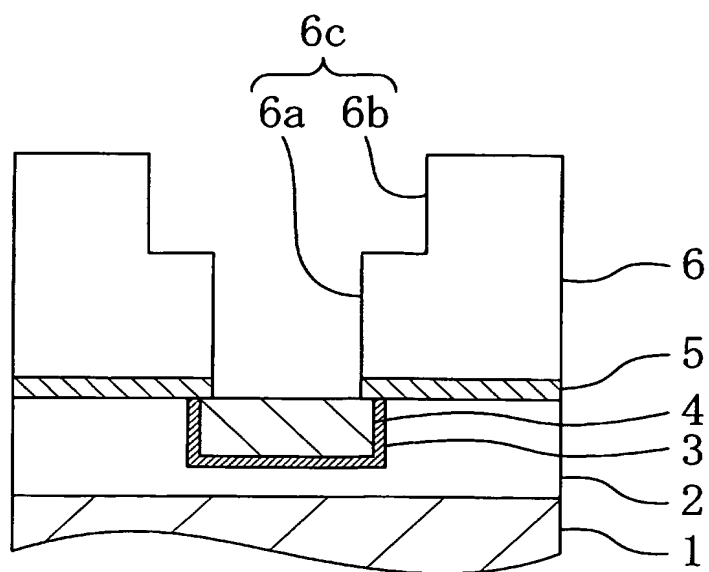
(b)



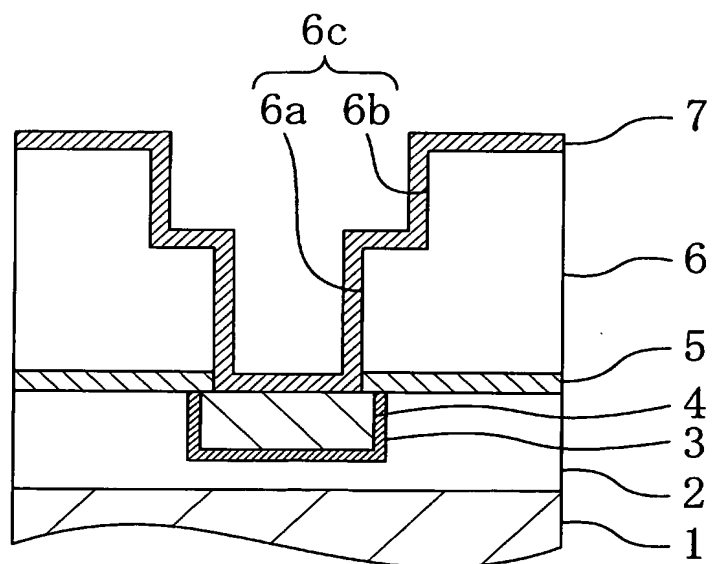
(c)



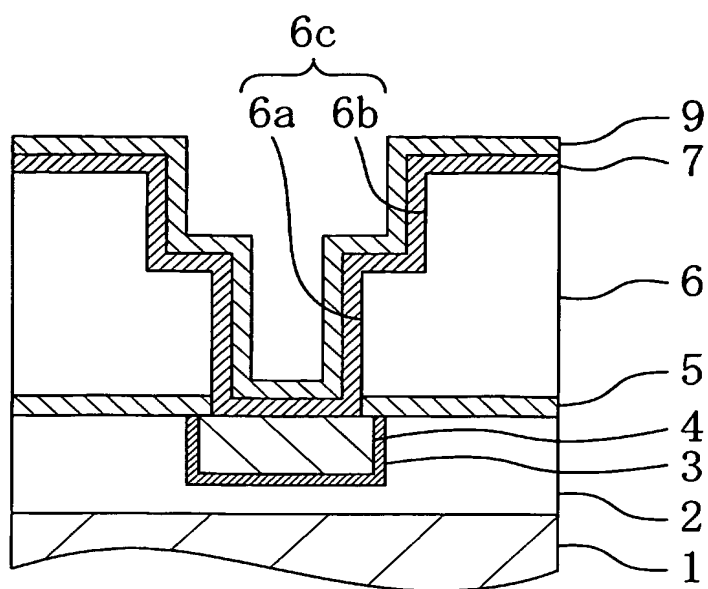
(a)



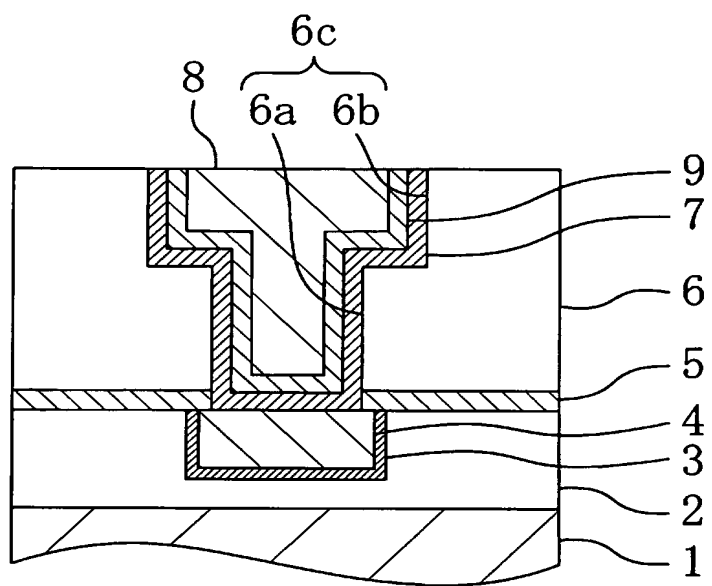
(b)



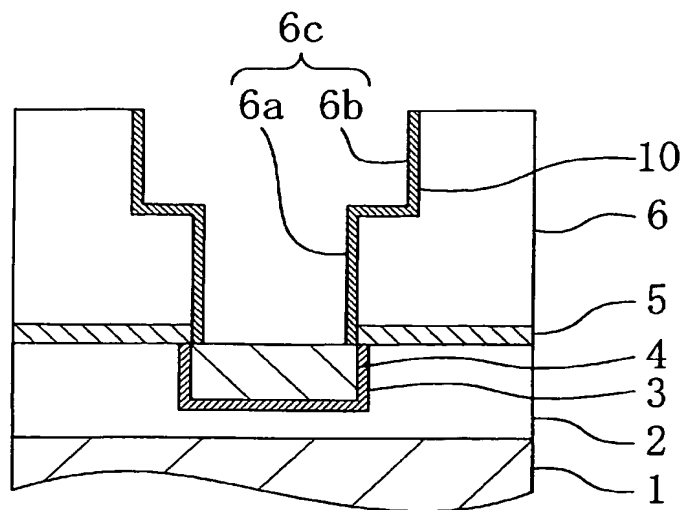
(a)



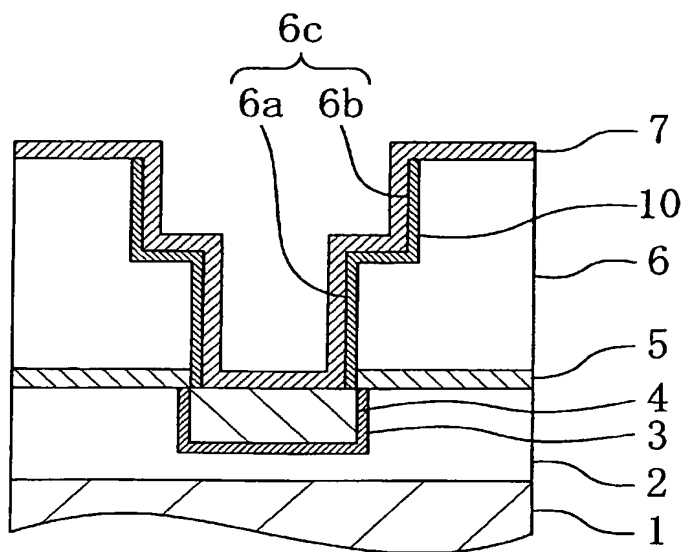
(b)



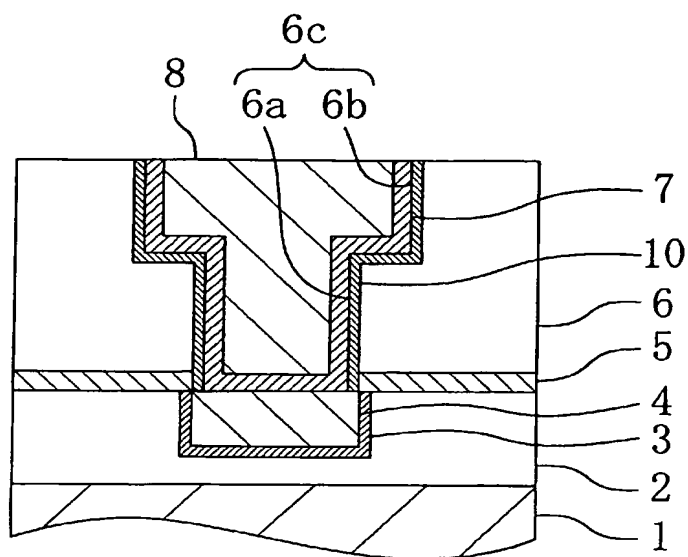
(a)

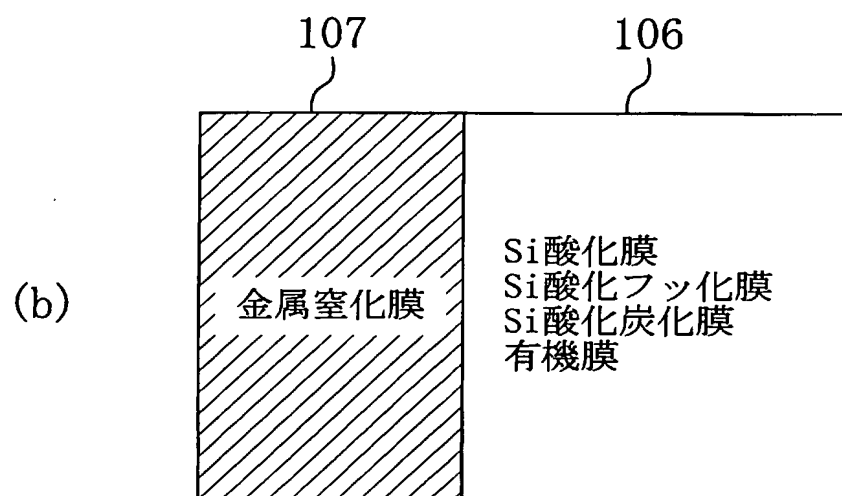
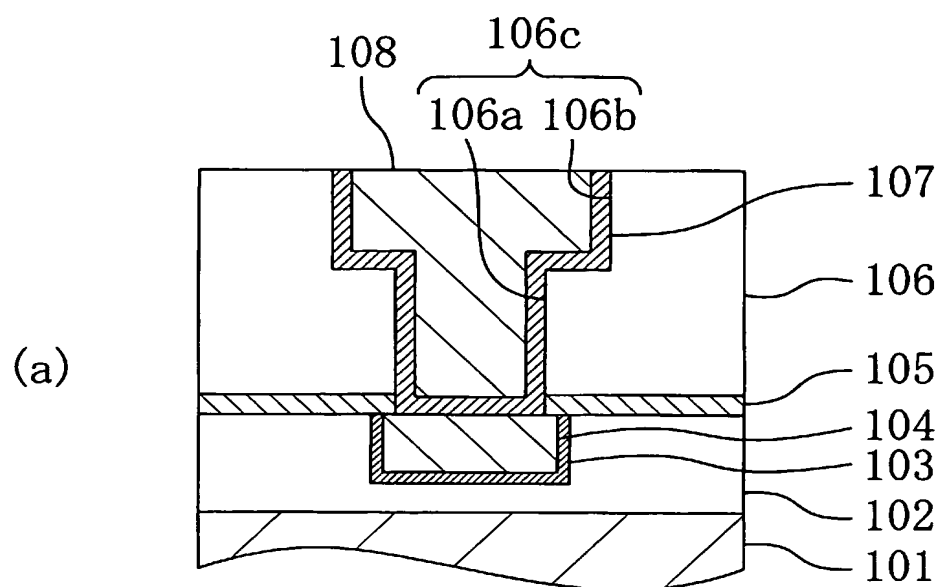


(b)



(c)





【要約】

【課題】 低抵抗であって、且つ、絶縁膜及び配線との間で高い密着性を有するバリアメタル膜を有する半導体装置を提供する。

【解決手段】 半導体装置は、シリコン基板 1 上に形成された絶縁膜 6 と、絶縁膜 6 中に形成された埋め込み金属配線 8 と、絶縁膜 6 と金属配線 8 との間に形成されたバリアメタル膜 7 とを有する。バリアメタル膜 7 は、金属化合物膜であり、金属化合物膜は、絶縁膜 6 を構成する元素のうち少なくとも 1 つを含んでいることを特徴とする。

【選択図】 図 1

0 0 0 0 0 5 8 2 1

19900828

新規登録

大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地

松下電器産業株式会社

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP05/009268

International filing date: 20 May 2005 (20.05.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP
Number: 2004-165361
Filing date: 03 June 2004 (03.06.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 07 July 2005 (07.07.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ **BLACK BORDERS**

☒ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☐ **FADED TEXT OR DRAWING**

☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.